

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra Mechanické technologie

Protikorozní povrchová ochrana hliníkového materiálu

Anticorrosive Surface Protection of Aluminous Material

Student:

Bc. Jiří Vénos

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová , CSc.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Vénos**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: Protikorozní povrchová ochrana hliníkového materiálu
Anticorrosive Surface Protection of Aluminous Material
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor současného stavu protikorozní úpravy hliníkového materiálu.
2. Na základě rozboru navrhněte možnost další protikorozní úpravy.
3. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
4. Zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.
BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016
Datum odevzdání: 15.05.2017

Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 14.5.2017


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 14.5.2017

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Jiří Vénos

Adresa trvalého pobytu autora práce: Dolní Studénky 316
788 20

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Jitce Podjuklové, CSc., za vedení při tvorbě mé diplomové práce. Dále Ing. Renému Siostrzonkovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Verlíkovi za jejich užitečné rady, které mi pomohly zpracovat můj diplomový projekt.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

V Diplomové práci se zabývám protikorozní ochranou hliníkového substrátu. V první teoretické části diplomové práce jsou popsány způsoby čištění podkladového materiálu před nanesením nátěru. Je zde zmíněn mechanický i chemický způsob čištění povrchu, druhy ochranných povlaků a způsob jejich nanášení a také faktory, které ovlivňují degradaci ochranného nátěru. Dále jsou zde popsány vlastnosti hliníku i s danými druhy koroze.

V experimentální část se zabývám studiem degradačních a adhezních vlastností ochranného nanopovlaku NOVAX VD který byl vyvinut primárně pro ochranu ocelového materiálu, ale již v předešlých zkouškách se projevil velice dobré ochranné vlastnosti tohoto nanopovlaku na hliník. Z výsledných destruktivních a nedestruktivních zkoušek byla zjištěna velice dobrá ochrana hliníkového substrátu proti korozním vlivům s adhezí i vizuální stálostí za předpokladu odlišné aplikace nanolaku oproti aplikačnímu postupu uváděného výrobcem. Dle těchto vyhodnocení byla navržena změna aplikačního postupu nanášení a následného sušení a vytvrzení nanopovlaku.

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

The thesis deals with corrosion protection of aluminium substrates. The first – theoretical – part of the thesis describes the techniques of cleaning the basis material before the application of the coating. This part focuses on mechanical and chemical methods of surface cleaning, the types of protective coating, the techniques of their application and also on the factors that play a role in protective coating degradation. Furthermore, this part describes the properties of aluminium, including the different types of corrosion.

The experimental part is dedicated to examining degradation and adhesion properties of the protective nanocoating NOVAX VD, which was developed primarily for protecting steel materials, but prior testing nevertheless indicated very good protective qualities even with respect to aluminium. The results of destructive and non-destructive testing performed by using a technique of nanocoating application different than the one recommended by the manufacturer demonstrated very good protection of aluminium substrate against corrosive influences with adhesion and visual stability. Based on these observations, the thesis proposes a change in the technique of applying and subsequently drying and hardening of the nanocoating

Obsah

1. Povrchové úpravy	12
2. Čištění povrchu	12
2.1 Mechanické čištění povrchu	12
2.1.1 Otryskávání	13
2.1.2 Leštění	14
2.2 Chemické čištění povrchu	14
3. Odmašťování	15
4. Ponorné chemické odmašťování	16
4.1 Ponorné odmašťování	16
5. Moření	16
6. Koroze	17
6.1 Druhy koroze	18
6.2 Atmosférická koroze	18
6.3 Koroze ve vodě	18
6.4 Slané roztoky	19
7. Stupně agresivity korozního prostředí	19
8. Povrch	20
8.1 Integrita povrchu	20
8.2 Drsnost povrchu	20
8.3 Vyhodnocení povrchu	21
9. Povlaky	21
9.1 Organické povlaky	21
9.2 Plastické povlaky	22
10. Nátěrové hmoty	22
10.1.1 Složení nátěrových hmot	22
10.2 Způsob nanášení nátěrových hmot	23
10.2.1 Stříkáním	23
11. Faktory ovlivňující přilnavosti nátěrových hmot	24
11.1 Adheze nátěru	24
11.2 Sluneční a UV záření	24

12. Degradace nátěru	25
12.1 Difuze vody	25
13. Nanopovlak	25
14. Hliník	25
14.1 Vlastnosti hliníku	25
14.2 Koroze hliníku	26
14.3 Tloušťky oxidických vrstev	26
15. Druhy koroze hliníku	27
15.1 Bodová koroze	27
15.2 Mezikrystalická koroze	27
16. Moření hliníku	28
17. Eloxování hliníku	28
18. Cíl pokusu	29
19. Metodika experimentálních	30
20. Postup práce pokusu	31
20.1 Rozdělení a popis vzorků	31
20.2 Měření pH suspenzí a jeho vliv na hliníkový substrát	32
20.3 Odmaštění vzorků	32
20.4 Měření drsnosti vzorků	33
20.5 Nanesení nanolaku na hliníkový substrát	33
21. Popis použitého vybavení	33
21.1 Měřič drsnosti – MYTUTOYO SJ-301	33
21.2 Světelný Mikroskop Neophot 2	34
21.3 Měřič teploty a pH	35
21.4 Stříkáci pistole	35
21.5 Měřicí hřeben pro mokré tloušťky nanopovlaku	37
21.6 Odtrhoměr Elcometr 506	37
21.7 Mřížková šablona pro zkoušku SP 3000	38
21.8 Dvousložkové epoxidové lepidlo Araldite Standard	39
21.9 Inkoustová sada pro zjištění čistoty povrchu	40
22. Použité materiály a odmašťovadlo	41
22.1 Hliníkový substrát (ALMG3, EN-AW 5754 H111, ČSN 42 4413, DIN 3-3535)	41

22.1.1	Vlastnosti hliníkového substrátu.....	41
22.2	Odmašťovací prostředek Simplegreen Extreme Avation.....	42
22.3	Nanolak NOVAX VD-AK-3-289	43
23.	Polní podmínky	44
23.1	Poloha pokusu	44
23.2	Počasí / Teploty Prosinec – Březen.....	44
23.3	Dny exponování	46
24.	Měření mokré tloušťky nátěru dle ČSN EN ISO 2808	47
25.	Hodnocení puchýřkování dle ČSN EN ISO 4628-2.....	48
26.	Hodnocení odlupování dle ČSN EN ISO 4628-5.....	48
27.	Zkouška přilnavosti dle ČSN EN ISO 16276.....	49
27.1	Odrhová zkouška ČSN EN ISO 16276-1.....	49
27.2	Křížový řez ČSN EN ISO 16276-2 / ISO 2409 a ASTM 3359	50
28.	Arcotest.....	51
29.	Měření drsnosti	51
30.	Vizuální hodnocení nátěru dle ČSN EN ISO 4628	52
30.1	Sada A - odmaštěná (vytvrzení 1 den v laboratorních podmínkách).....	52
30.2	Sada A-neodmaštěná (vytvrzení 1 den v laboratorních podmínkách).....	53
30.3	SADA B (vytvrzení 10 dnů v laboratorních podmínkách)	56
31.	Vyhodnocení přilnavosti křížový řez	59
31.1	Nevyhovující X řezy	60
31.2	X řez stupeň 0.....	60
32.	HODNOCENÍ PŘILNAVOSTI	61
32.1	Referenční vzorky	61
32.2	Sada A (vytvrzení 1 den v laboratorních podmínkách)	61
32.3	Sada B (vytvrzení 10 dnů v laboratorních podmínkách)	64
32.3.1	Neodmaštěné vzorky.....	64
32.3.2	Odmaštěné vzorky	66
33.	Průběh přilnavosti.....	68
33.1	Průběžné hodnocení přilnavosti po 14 dnech exponování.....	68
33.2	Průběžné hodnocení přilnavosti po 28 dnech exponování.....	69
33.3	Průběžné hodnocení přilnavosti po 42 dnech exponování.....	70

33.4	Průběžné hodnocení přilnavosti po 56 dnech exponování	71
33.5	Průběžné hodnocení přilnavosti po 70 dnech exponování	72
33.6	Průběžné hodnocení přilnavosti po 84 dnech exponování	73
33.7	Celkové zhodnocení přilnavosti	74
34.	Sada (c) vytvrzená v peci	75
34.1	14 dní exponování	75
34.2	28 dní exponování	76
34.3	42 dní exponování	77
35.	Metalografické vzorky	79
36.	Závěr	85
37.	Seznam použité literatury	86
38.	Seznam obrázků	88
39.	Seznam tabulek	90
40.	Seznam grafů	92

Seznam použitých značek a symbolů

Znak	Veličina	Jednotka
ČSN	Česká státní norma	[-]
EN	Evropská norma	[-]
ISO	Mezinárodní norma	[-]
pH	Vodíkový exponent	[-]
l	Délka měřeného úseku diamantovým hrotem	[mm]
λ_c	Filtr profilu	[mm]
Ra	Střední aritmetická odchylka profilu	[μ m]
Rz	Maximální výška profilu	[μ m]
T	Teplota	[°C]
t	Čas	[min]
MPa	Megapascal	[MPa]
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý	[-]
Al	hliník	[-]
Mg	Hořčík	[-]
C1-CX	Stupeň korozní agresivity atmosféry	[-]
VOC	Těkavá organická látka	[-]
UV	Ultrafialové záření	[-]
Re	Mez kluzu	[MPa]

Úvod

Korozi podléhá v dnešní době většina materiálu, proto se dnes klade velký důraz na jejich korozní ochranu. Požadavky dnešní doby a Evropské směrnice, kdy je zákaz používat nátěrové systémy s vysokým obsahem VOC látek, jsou často prosazovány nátěry vodou ředitelné s nízkým obsahem VOC. Díky tomu jsem v diplomové práci použil vodou ředitelný nanopovlak Novax VD.

V první části diplomové práce se snažím přiblížit možnosti povrchové předúpravy kovů, které jsou jedním ze základních funkcí pro dobré adhezní vlastnosti nátěru k podkladu. U těchto úprav popisuji druhy předúprav i s jejich technologií použití. Dále popisuji různé druhy nátěrů a dopad korozních činitelů na povrch nátěru. V posledních kapitolách teoretické části popisuji korozi a vlastnosti hliníku spolu s druhy jeho povrchové ochrany.

V druhé části diplomové práce jsem zkoumal korozní vlastnosti ochranného nanolaku, který byl aplikován na hliníkový substrát. Experiment byl rozdělen do 3 sad vzorků, na které byl aplikován nanolak. Na každou sadu byl nátěr aplikován jiným technologickým postupem a sušení probíhalo také u každé sady odlišně. U poloviny vzorků bylo provedeno i chemické čištění pomocí Simplegreen Extreme. Výsledky jednotlivých sad jsem přehledně zaznamenal do tabulek a průběžných grafů. Následné vyhodnocení ukázalo vliv aplikace nátěru na adhezní a vizuální vlastnosti povrchu. V závěru byly porovnány tyto výsledky a byl navrhnut jiný aplikační postup nanášení nanolaku na hliníkové materiály.

1. POVRCHOVÉ ÚPRAVY

Povrchové úpravy jsou jedny z nejdůležitějších strojírenských technologií. Tyto úpravy nám zabezpečují a zajišťují správnou protikorozi ochranu jednotlivých dílů a výrobků. Zajišťují, aby měl povrch danou kvalitu a drsnost. Nejdůležitějším úkolem je však zajisti co nejlepší třecí a elektrické vlastnosti. Danou podmínkou je i poznání dějů, které se na povrchu objevují ve styku s atmosférou a určit příčinu narušení materiálu. [1]

2. ČIŠTĚNÍ POVRCHU

Čištění povrchu je jednou ze základních operací v povrchových úpravách materiálů se zbavuje veškerých okujů, povrchových vměstků, nečistot a mastnot

Čištění povrchu lze rozdělit do dvou kategorií: mechanické čištění
 chemické čištění [1]

2.1 Mechanické čištění povrchu

Mechanické čištění se používá u nečistot, které jsou vázány chemicky k povrchu (okuje, rez, vměstky, oxidy, apod.). Pomocí mechanického čištění dosáhneme určité drsnosti a vytvoříme dobré podmínky pro zakotvení nátěru. Dále se vylepší mechanické vlastnosti (např. zvýšení pevnosti povrchu, zvýšení meze pevnosti) a také se zlepší vzhled povrchu. [1,2]

Mezi mechanické čištění můžeme zařadit:

- otryskávání
- omílání
- broušení
- kartáčování
- leštění

2.1.1 Otryskávání

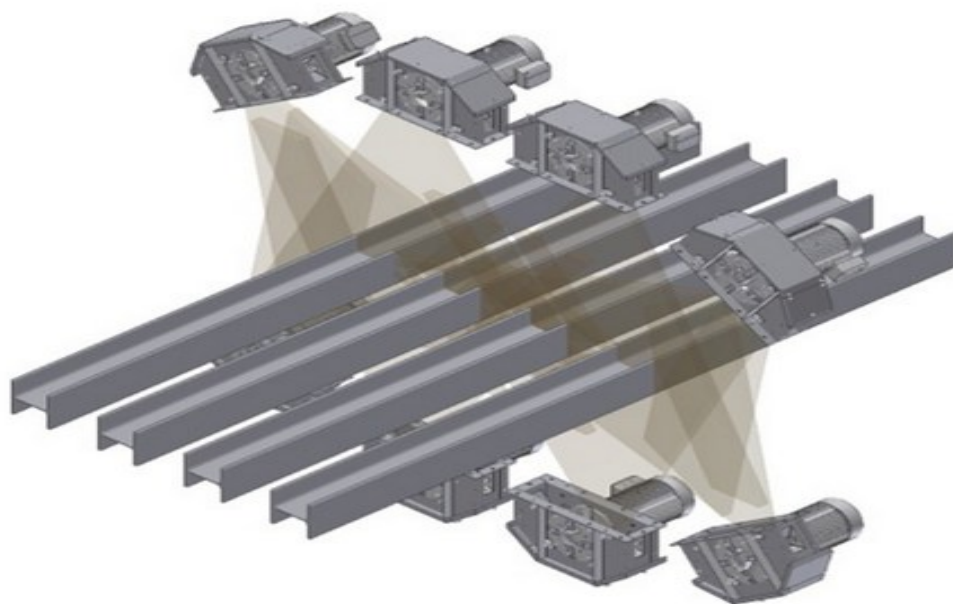
Otryskávání je mechanický způsob čištění povrchu, kdy se velmi velkou rychlostí vrhají tryskácí média na čištěný povrch. Primárním úkolem je odstranit korozní nečistoty (písek, grafit, apod.) Tryskací částice působí na kovový substrát plastickou deformací a díky těmto velkým plastickým silám dochází ke zvýšení napětí v povrchových vrstvách. Díky plastické deformaci je povrch materiál zpevněn. [1, 2]

Výkon otryskávání závisí na :

- druhu otryskávaného materiálu
- velikosti tryskacích zrn
- tlaku
- úhlu a vzdáleností tryskání
- velikosti trysky

Tryskací média:

- litinová drť, broky
- křemičitý písek (úběrová schopnost tohoto tryskácího média je malá, třísť se, výhodou je levná pořizovací cena)
- brusiva (korund – ostřejší zrno, trvanlivé, karbid křemíku)
- umělé a speciální materiály (drť z pecek a umělých hmot, skleněné kuličky)
- sekaný drát (patentovaný drát 160 MPa, nejpevnější, 5x dražší než litinová drť) [1, 2]



Obrázek. 1 Princip otryskávání

2.1.2 Leštění

Leštění je metoda, která se nejčastěji používá jako metoda poslední, nebo-li dokončovací, protože u leštění dochází k mnohem menšímu úbytku materiálu než u broušení. Jde tedy o odstraňování nejmenších nečistot a touto metodou dosahujeme drsnosti až 0,1 Ra a velmi vysokého lesku. Velice důležitým prostředkem k leštění kromě leštících kotoučů je také leštící nebo lapovací pasta. Tyto pasty obsahují homogenizované tuky, korund, vápno, jemnou křemelinu. Při prvotním leštění se používají tvrdší kartáče a drsnější pasty. Pro doleštění se používají jemné kartáče spolu se sušší pastou. [1,2]



Obrázek. 2 Leštící kotouče

2.2 Chemické čištění povrchu

Chemické čištění se používá u čištění, kde jsou nečistoty vázány mechanicky. Tyto nečistoty vznikají nejčastěji při špatném skladování nebo nevhodným zacházením. Chemické nečistoty odstraňujeme různými činidly. Tato činidla reagují s mastnotami a nečistotami na povrchu. Chemickým odstraněním nečistot se povrch většinou připravuje pro nanesení různého povlaku.

Nečistoty jsou nejčastěji ulpělé mastnoty, prach, zbytky brusných past a k povrchu přilpívají díky fyzikálním silám (tzv. látky tukového charakteru). Dalším typem přilpívání jsou adhezní síly (např. zbytky kovových třísek, prach). [1,2]

Mezi chemické čištění lze zařadit:

- odmašťování
- moření
- leštění

3. ODMAŠŤOVÁNÍ

Odmašťování je souhrnný název pro odmašťování všech druhů ulpělých nečistot na povrchu materiálu, které jsou k němu vázány adhezními silami nebo fyzikálními silami. Odmašťování uvolňuje všechny ulpělé nečistoty a mastnoty z povrchu materiálu a emulze zabráňuje ke zpětnému navázání nečistoty na již očištěný povrch. [1,2]

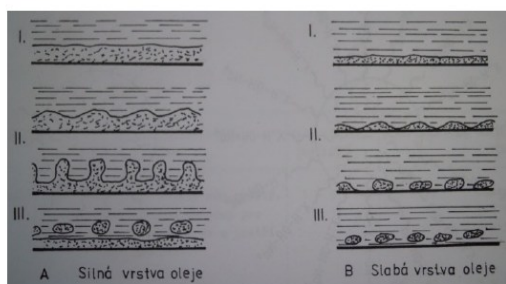
Další způsoby odmašťování:

- odmašťování v neutrálních roztocích
- odmašťování v emulzních roztocích
- odmašťování opalem
- odmašťování ultrazvukem
- v organických rozpouštědlech (ve výjimečných případech s odkazem na směrnici 2004/42/ES - VOC látky)

3.1.1.1 Odmašťování v alkalických roztocích

Alkalické odmašťování je dnes nejčastěji používaný způsob odmašťování, ale zároveň způsob poměrně složitý. Primární účinnost spočívá v koloidně chemických pochodech, tzn. emulgaci a dispergaci nejrůznějších druhů nečistot. Veškeré mastnoty a nečistoty se zneutralizují a stanou se z nich rozpustná mýdla. Aktivní mýdla snižují napětí mezi roztokem a mastnotou na povrchu. [1,2,3]

Tímto postupem se nejčastěji odstraňují rostlinné a živočišné tuky. U minerálních mastnot (např. oleje, vazelíny, vosky) nastává velký problém při odmaštění. Tyto mastnoty se totiž nezmýdelní. Odmašťování těchto nezmýdelněných mastnot probíhá teprve za vyšších teplot, kdy se mastnoty emulgují ve formě velmi malých kapiček do roztoku odmašťovadla. [1,2,3]



Obrázek. 3 Schéma mastnot na povrchu kovu[1]

4. PONORNÉ CHEMICKÉ ODMAŠŤOVÁNÍ

4.1 Ponorné odmašťování

Ponorné odmašťování se používá jako postupné nebo hromadné ponořování jednotlivých košů do lázně s odmašťovacím prostředkem. Odmašťovací vany jsou celoodcelové s odsávacím systémem výparů a se sítí pro odstranění nečistot [1,2]



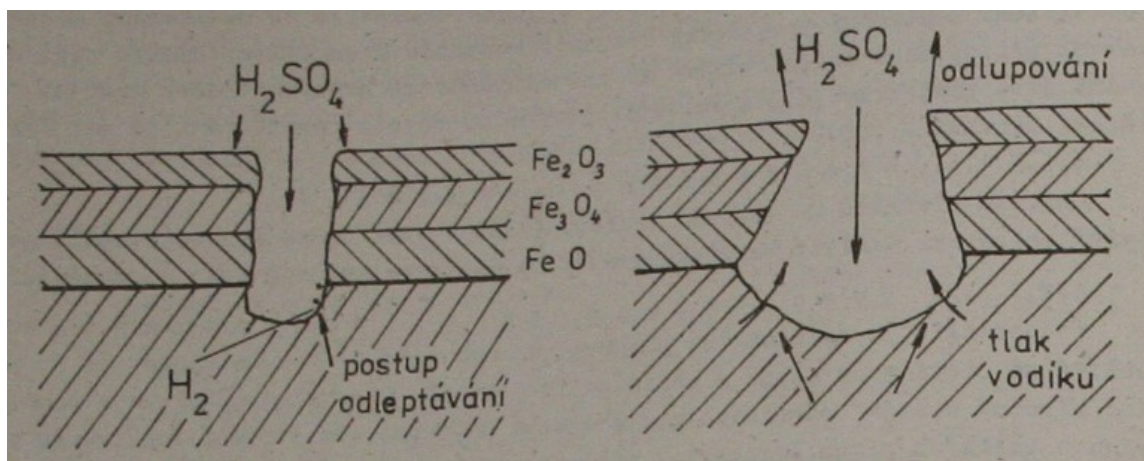
Obrázek. 4 Odmašťovací vana [1]

5. MOŘENÍ

Moření je odstranění veškerých oxidických vrstev, okují a rzi chemickým způsobem. Za působení louhů nebo kyselin se oxidy rozpustí na soli, které se z povrchu snadno opláchnou vodou. K moření se nejčastěji používá, kyselina chlorovodíková, fosforečná a kyselina sírová. Dalšími mořícími látkami mohou být kyselina dusičná a fluorovodíková, ale pouze ve směsi s jinými kyselinami. [1]

5.1.1.1 Moření v kyselině sírové

Odstranění okují a rzi probíhá na principu rozpouštění kysličníku železa a vstupování kyseliny do póru v oxidické vrstvě a dochází až k samotnému rozhraní materiálu. Kyselina podleptává povlak díky vodík, který se tvoří ve formě bublinek a odtrhuje oxidické vrstvy od základního materiálu. Tímto způsobem se proces moření velmi urychluje. Koncentrace kyseliny sírové se většinou pohybuje v rozmezí 8 – 14 % při teplotách 60 – 80° C. [1,2]



Obrázek. 5 Rozpouštění kovu v místě ponoru[1]

5.1.1.2 Moření v kyselině solné

Tento způsob moření je nákladnější než moření kyselinou sírovou a výpary těchto kyselin jsou velmi agresivní. Výhodou moření těmito kyselinami je velmi nízká teplota, při které se dá mořit. Tato teplota se rovná teplotě okolí. Další výhodou je rovnoměrné a rychlé rozpouštění všech oxidů, proto vodík difunduje značně pomaleji. Rychlost moření v kyselině solné je závislé na koncentraci, teplotě a pohybu lázně. [1]

6. KOROZE

Korozi můžeme pojmut jako znehodnocení, narušení materiálu, které způsobuje částečné nebo úplné rozrušení materiálu. Korozi podléhají téměř všechny materiály. [2]

6.1 Druhy koroze

- | | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| podle mechanismu | - chemická koroze
- elektrochemická koroze |
| podle vzhledu | - rovnoměrná koroze
- nerovnoměrná koroze |
| podle rozhodujícího
korozního činitele | - koroze při napětí
- koroze při únavě materiálu |
| podle prostředí | - atmosférická koroze
- koroze ve vodě
- koroze v plynech
- koroze v půdě |

6.2 Atmosférická koroze

Jde o korozi s nejčastějším výskytem, protože nejvíce výrobků a zařízení je vystaveno působení atmosféry. Jde o proces, při kterém ionty kovu přecházejí z krystalové mřížky do korozního prostředí. Často zůstávají ve formě zplodin na povrchu materiálu. Intenzitu koroze v atmosféře ovlivňuje nejčastěji vlhkost, teplota a znečištěný vzduch (smog). Atmosférická koroze je elektrochemického charakteru, jelikož probíhá pod velmi tenkou vrstvou vody. Voda obsahuje škodlivé nečistoty z ovzduší, nejvíce oxid siřičitý, amoniak, oxid uhelnatý, aerosoly a kyselinu chlorovodíkovou. Vodní vrstva o tloušťce 50-150 μm se vytvoří díky kondenzaci vodních par, které jsou obsaženy ve vzduchu. [4]

6.3 Koroze ve vodě

V praxi se nejčastěji setkáváme s vodami, které obsahují rozpuštěné kyseliny nebo zásady. Tyto kyseliny a zásady ovlivňují intenzitu koroze. Jde o elektrochemický děj, přičemž rychlost tohoto děje je ovlivněna celou řadou neelektrochemických činitelů. Tito činitele se mohou projevovat samostatně (kavitace, mikroorganismy, chemické děje v kapalinách). Rychlost koroze ve vodě urychluje též kyslík, obsažený ve vodě. [4]

Hliník je v obyčejné destilované vodě odolný. Svoji odolnost ztrácí při dosažení bodu varu. Pasivní vrstva, která vznikla ve vodě, má větší odolnost než vrstva, která vznikla v atmosféře. [4,9]

6.4 Slané roztoky

Chování Al a jeho slitin ve vodních roztocích solí je ovlivněno nejprve alkalitou nebo aciditou roztoků, (tedy pH) a dále také daným charakterem aniontů a kationtů. Neutrálně reagující soli působí na povrch jen v malé míře. Soli slabých kyselin a zásad ovlivňují rozpouštění alkalickou nebo kyselou reakcí. Z aniontů se největším podílem projevují chloridy. Agresivita těchto chloridů je způsobena velmi malou molekulou a tím je dána schopnost pronikat skrze oxidovou vrstvu. Průměrná rychlost koroze hliníku a jeho slitiny, (např. AlMn1) v mořské vodě je 8μm za rok. Odolnost klesá v pořadí Al 99,9%, AlMg3, AlMgMn, AlMg5 [1,2,9]

7. STUPNĚ AGRESIVITY KOROZNÍHO PROSTŘEDÍ

Stupeň korozní agresivity		Korozní agresivita	Typická prostředí
Vnitřní			Venkovní
C1	Velmi nízká	Vytápěné prostory s malou relativní vlhkostí a nevýznamným znečištěním.	Suché nebo chladné klimatické pásmo, atmosférické prostředí s velmi malým znečištěním.
C2	Nízká	Nevytápěné prostory se střídající se teplotou a relativní vlhkostí, malou četností kondenzace a znečištěním.	Mírné klimatické pásmo, atmosférické prostředí s malým znečištěním
C3	Střední	Prostory se střední četností kondenzace a středním znečištěním z výrobních procesů.	Mírné klimatické pásmo, atmosférické prostředí se středním znečištěním
C4	Vysoká	Prostory s velkou četností a kondenzací a velkým znečištěním z výrobního procesu.	Mírné klimatické pásmo atmosférické prostředí s velkým znečištěním
C5	Velmi vysoká	Prostory s velice vysokou četností kondenzace nebo s velmi velkým znečištěním z výrobních procesů.	Mírné a subtropické klimatické pásmo, atmosférické prostředí s velmi vysokým znečištěním.
CX	Extrémní	Prostory se stálou kondenzací nebo rozsáhlými obdobími působeními extrémní vlhkostí nebo velkým znečištěním z výrobních procesů.	Subtropické a tropické klimatické pásmo. Atmosférické prostředí s velmi vysokým znečištěním SO ₂ .

Tabulka 1 Stupně agresivity prostředí [26]

8. POVRCH

Všechny předměty ohraničuje jejich povrch. Daným znakem je styk dvou fází s okolním prostředím. Zde dochází ke styku s danou fází (pevná, kapalná nebo plynná) Povrch tak odděluje těleso od okolního prostředí. [5,6]

8.1 Integrita povrchu

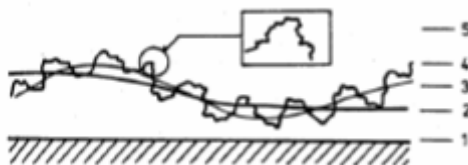
Integritou povrchu rozumíme jejich geometrické vlastní a fyzikální vlastnosti (tvrdost, zbytková pnutí, mikrostruktura povrchu)

Integrita je odraz podmínek, za kterých daná plocha vzniká. V úvahu se berou technologické metody, které ovlivňují jakost plochy. Je statisticky dokázáno, že většina poruch strojních součástí v provozu vzniká na povrchu, nebo těsně pod ním. [6]

8.2 Drsnost povrchu

Dnešní doba disponuje různými způsoby výroby předmětů, ale ani tak dnes není technologicky možné vyrobit zcela rovný a hladký povrch. Velice často to není ani žádoucí. Vyrobené povrchy mají různé odchylky tvaru, polohy a také mají různou drsnost.

- 1 - ideálně rovný povrch
- 2 - odchylky tvaru a polohy
- 3 - vlnitost povrchu
- 4 - mikroskopické drsnosti
- 5 - submikroskopické nerovnosti



Obrázek 6 Schéma geometrie povrchu

Povrch lze rozdělit na různé komponenty, které rozděluje vlnová délka. Nerovnosti, které se vyskytují na povrchu nebo vnější vlivy, které působí na povrch, se mohou rozdělit do

3 kategorií:

- a) mimořádné nerovnosti. Jde se o nerovnosti tvarů plochy, náhodné trhliny
- b) vlnitost povrchu vytvořené vlivem obrábění. Jedná se o periodickou nerovnost.
- c) mikronerovnost, drsnost povrchu. [7]

8.3 Vyhodnocení povrchu

Zkoušku měření drsnosti povrchu popisuje norma ČSN EN ISO 4287. Měření drsnosti je nejčastěji prováděno dotykovou metodou, kdy ostrý diamantový hrot měřicího přístroje převádí nerovnosti povrchu na elektrický signál, který je vyobrazen formou číselné hodnoty na displeji přístroje. [7]

9. POVLAKY

9.1 Organické povlaky

Jedním ze způsobů jak zabránit korozi a zároveň zvýšit odolnost a životnost je ochrana organickými povlaky na způsobu nátěrových a plastových hmot. Ochrana materiálu ochrannými povlaky je nejběžnější a ekonomicky nejvýhodnějším způsobem ochrany před korozi. Ne vždy jsou tyto povlaky zcela bezpórovité. Obsahují antikorozi pigmenty a inhibitory koroze, které zneškodňují agresivní složky, které difundují k povrchu materiálu. Tyto složky zpomalují případně úplně zastavují průběh postupu koroze. [10]

Organický povlak chrání povrch předmětu nejenom adhezně-bariérovým mechanismem, ale i inhibičním a elektrochemickým mechanismem nebo jejich kombinací. Na konečnou ochranou vlastnost má výrazný vliv stupeň dané přilnavosti, tloušťka, propustnost korozních médií, nasákavost, účinky inhibičních pigmentů, chemické složení pojiva a kvalita předupraveného povrchu. [10]

9.2 Plastické povlaky

Povlaky z plastických hmot mají velmi dobré antikorozi vlastnosti, ale vynikají také izolačními schopnostmi. Díky těmto vlastnostem se v dnešní době velmi rozšiřuje povrchová úprava kovu plastem. Nejčastěji se používají termoplasty (polyetylén, teflon, polyamid) a v neposlední řadě také kaučuky.

Vytvoření plastického nátěru na povrch předmětu je tvořen ze dvou procesů. Nejprve po natavení daných práškových částic plastické hmoty probíhá tzv. želatizace. Želatizace je proces kdy dochází k růstu molekul a vytváří se příčné vazby mezi molekulami a tím se zastaví tečení. Tímto se na povrchu vytvoří rovnoměrný plastický film. Čím je doba želatizace kratší, tím je plastický film rovnoměrnější.

Způsoby nanášení plastických hmot: - žárové stříkání

- vířivé nanášení

- plátování

- nanášení v elektrickém poli [1,2]

10. NÁTĚROVÉ HMOTY

Nátěrové hmoty slouží zpravidla k ochraně povrchu proti korozi, zvyšují životnost a utvářejí jeho estetický vzhled. Nátěrové hmoty musí disponovat velmi dobrou přilnavostí k danému substrátu, odolností proti agresivnímu prostředí a také odolností proti vnějším mechanickým poškozením a mít co nejdelší životnost. [1,2]

10.1 Složení nátěrových hmot

Pojivo	filmotvorná látka, která dává nátěrovému systému základní fyzikálně mechanické a chemické vlastnosti.
Rozpouštědla	upravují viskozitu nátěrového systému.
Pigmenty	udělují nátěrovému systému zabarvení a neprůhlednost.
Plniva, aditiva	upravují fyzikální a technologické vlastnosti nátěrového systému.

10.2 Způsob nanášení nátěrových hmot

10.2.1 Stříkáním

Nanášení barev a povlaků pomocí pneumatického stříkání je dnes nejrozšířenějším způsobem ochrany, a to díky rychlému a přesnému nanesení nátěru. Princip spočívá v rozptýlení nátěru ve formě miniaturních kapiček na povrch s použitím pomocného nosného media, nejčastěji vzduchu. V dnešní době lze za pomocné medium zvolit i dusík. Nejvíce se hodí pro nanášení na velké plochy, na kterých se dosahuje rovnoměrného a velice hladkého povrchu. Stříkání lze také velice dobře mechanizovat a automatizovat.

Stříkání se aplikuje ve velkých stříkacích kabinách, jejichž úkolem je zamezit rozstřík nátěru a unikem těkavých látek do prostoru haly. Kabiny se dělí na stolové, podlahové a tunelové. [1,2,8]

Výhody:

- velký výkon
- úspora času
- univerzální využití

Nevýhody:

- vyšší spotřeba ředidla
- výpary těkavých látek, ředidel
- vysoké ztráty u složitých tvarů

Stříkání se rozděluje na

- pneumatické
- bezvzduchové

Další možnosti nanášení nátěrových hmot- nanášení štětcem

- naválcováním
- namáčením
- poléváním
- elektrolyticky elektrofor.
- elektrostaticky

11. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PŘILNAVOSTI NÁTĚROVÝCH HMOT

Mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují přilnavost a odolnost nátěru patří sluneční světlo, teplota, kyslík, voda a povětrnostní podmínky. Tyto faktory působí na povrch v různém množství a v různé koncentraci. Ovlivňují povlak chemicky a mechanicko-fyzikálně. Mezi tyto ovlivňující faktory patří např. průmyslové emise (polutanty). [28]

11.1 Adheze nátěru

Špatnou adhezi nátěru může způsobovat hned několik faktorů. Jedním ze základních je špatně očištěný povrch od mastnot, rzi a okují. Dalším faktorem může být voda obsažená v organickém nátěru. Voda a v ní rozpuštěný kyslík, který poté reaguje s povrchem a díky difundaci vody vzniká napětí a tím se tvoří puchýře, které způsobují špatnou nebo žádnou přilnavost povlaku k materiálu. Pro zlepšení adheze povlaku je třeba dostatečně povrch mechanicky a chemicky očistit. Nátěr je nutno nechat dostatečně vytvrdnout, aby voda měla možnost difundovat pryč z nátěru. Přilnavost je také zvýšena přítomností polárních složek ve skladbě polymerního pojiva. Přilnavost nátěru závisí i na počtu pigmentů v nátěru. S rostoucími pigmenty a plnivy přilnavost nátěru klesá. [28]

11.2 Sluneční a UV záření

Sluneční záření o vlnové délce do 385 nm, ve kterém je obsaženo ultrafialové záření je, jedou z důležitých oblastí záření pro odolnost povlaku. Krátkovlnné záření je u nás od března do října, kdežto dlouhovlnné záření dopadá u nás po celý rok. Některé nátěry obsahují pigmenty, které z větší části určité sluneční záření absorbují. Proto se používají jako vrchní nátěry, neboť brání degradaci nátěru. Sluneční záření, které bylo absorbované se sice, nedostává k pojivu pod pigment, ale je velice časté porušení pigmentu v blízkosti pojiva např. (chromová žluť, saze, berlínská modř). Proto jsou velice důležité pigmenty, které mají schopnost odrážet UV záření. Mezi tyto pigmenty patří např. (oxid hlinitý, zinková běloba, titanová běloba). UV degradace neboli fotodegradace, způsobuje rozložení chemických vazeb polymeru, což vede k degradaci nátěrových vrstev. Tato degradace vede až k exponovaným pigmentům, které se začnou vymývat a sprášovat. [28]

12. DEGRADACE NÁTĚRU

Při degradaci nátěru může dojít k některým reakcím uvnitř filmu nebo na jeho povrchu, díky interakci ovzduší se složkami ochranného filmu. Mezi tyto složky můžeme zařadit difuzi interních a reaktivních pigmentů, hustotu makromolekulární sítě na fyzikální proces difúze, dále chemické reakce, které probíhají vně filmu. Nemałym činitelem ovlivňujícím degradaci nátěru jsou tvary pigmentových částic a jejich velikost a také vliv teploty na difúzní i reakční pochody ve filmu. [28]

12.1 Difuze vody

Difuze vody je nežádoucí jev, který je spojován s bobtnáním (puchýřkovatěním). Bobtnání je rozpouštění polymeru v rozpouštědlech. Difuze vody je spojováno s obsahem pigmentů. S větším obsahem pigmentu se difuze vody bude snižovat, jelikož pigmenty jsou nepropustné. Difuze vody probíhá nejčastěji mezi rozhraním pojivo-pigment a film povrch. [28]

13. NANOPOVLAK

V dnešní době jsou nanotechnologie nejrychleji se vyvíjející oblast výzkumu. Nanooblast je oblast částic a struktur o rozměrech 1 až 100 nm, které tvoří základní stavební objekty, tzv. nanoobjekty. V určitých případech se tyto nanoobjekty uplatňují především ve strojírenském, stavebním, textilním, chemickém, automobilovém průmyslu a v mnoha dalších odvětvích povrchových úprav. [27]

14. HLINÍK

14.1 Vlastnosti hliníku

Hliník patří mezi materiály, které jsou velmi odolné proti korozi. Nejčastěji se ve výrobě používá hliník o čistotě 99,5% Al. V mírné atmosféře je hliník velmi stálý a odolný a úbytek na tloušťce nepřekračuje 0,001 mm/rok. Kysličník siřičitý zrychluje průběh koroze pouze ve velkých koncentracích. Duraly, jako slitiny hliníku, jsou velmi málo odolné proti korozi a musí být ochráněny povlaky nebo např. eloxováním.

Hliník má plošně středěnou kubickou mřížku, díky tomu má výborné plastické vlastnosti za tepla i za studena. [9]

14.2 Koroze hliníku

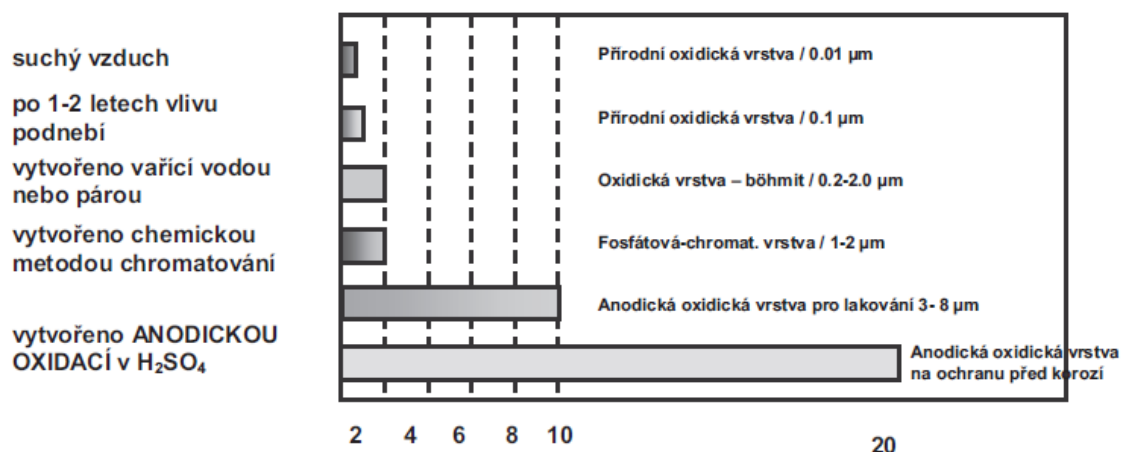
Hliník nepodléhá takové korozi jako kov. U hliníku se na povrchu vytvoří oxidická vrstva Al_2O_3 . Tato vrstva je většinou o tloušťce 10 nm, při běžných teplotách zamezuje hloubkové oxidaci a tím zajišťuje velice dobrou odolnost proti vlivům venkovního prostředí. Oxidickou vrstvu lze zvýšit pomocí elektrolytického eloxování. Eloxováním lze dosáhnout ochranné oxidické vrstvy až na 5-25 μm . [9,11]

Odolnost hliníku proti korozi nejvíce ovlivňuje chemické složení hliníku. Nejvyšší odolnost proti korozi má čistý hliník. Příměsi (Na, Hg, V, Ca, Ce, Co) snižují odolnost proti korozi.

čistota [%]	99.998	99.990	99.97	99.57	99.20
rychlost koroze [$\text{g.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$]	7.7	28.6	36.3	53.3	664.4

Rychlost koroze v závislosti na čistotě

14.3 Tloušťky oxidických vrstev

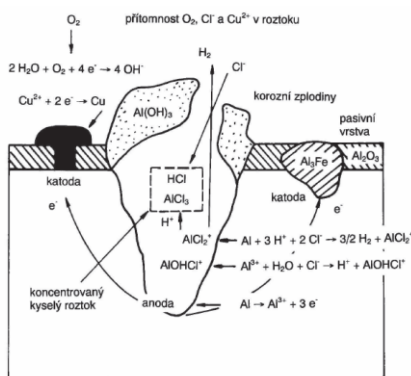


Obrázek. 7 Tloušťky vrstev nátěru

15. DRUHY KOROZE HLINÍKU

15.1 Bodová koroze

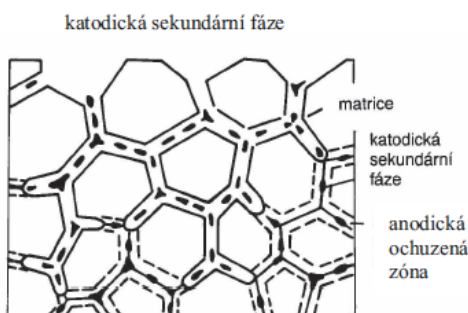
Nejrozšířenější korozi hliníku je bodová koroze. Lokální koroze velmi špatnými důsledky na mechanické vlastnosti. Bodová koroze probíhá jako lokální rozrušení oxidické vrstvy při dosažení potenciálu jejího průrazu. Hliník patří mezi kovy, který má nejzápornější hodnotu potenciálu, proto odolnost hliníku závisí na jeho pasivní stabilitě a počtu aniontu v elektrolytu. Tyto formy aniontu korozi vyvolávají. K prvotním aktivátorům koroze patří halogenidy (Cl, B, J). Tyto halogenidy pronikají skrze defektní místa a rozrušují povrch. Vnikají zde lokálně jako mikroanody. Bodové napadení často probíhá i na dalších homogenitách povrchu například podél hranic zrn. Toto napadení souvisí se zvýšeným obsahem železa a jeho blízkosti s vakanční migrací. [9,11]



Obrázek. 8 Průběh bodové koroze

15.2 Mezikrystalická koroze

Jedná se o formu napadení s pravděpodobností iniciace bodovou korozí. Mezikrystalická koroze způsobuje rozrušení povrchu i u čistého hliníku a také ve vodě při dosažení teploty nad 160 ° C. [9]



Obrázek 9 Princip mezikrystalické koroze

16. MOŘENÍ HLINÍKU

Moření hliníku slouží k odstranění lité a válcované strany, dále také k odstranění přírodní vrstvy oxidů Al_2O_3 nebo jiných korozních nečistot na povrchu materiálu. Pro zajištění stejnoměrného účinku mořidla je velice nutné, aby byl povrch hliníku čistý. Pokud zůstanou na povrchu zbytky masných nečistot prachových částic nebo jiné nečistoty nebude účinek mořidla stejnosměrný a tím nebude stejná konečná povrchová vrstva. Hliník získá po moření matně bílý nebo hedvábně lesklý vzhled. [1,2]

Moření hliníku lze rozdělit do dvou typů moření: E0 Moření

E6 Moření

Alkalické moření – parametry lázní		
	E0 – moření	E6 – moření
NaOH [g/l]	30-40	40-70
Hliník [g/l]	max. 40	120-170
Teplota [°C]	40-50	55-70
Aditiva	ANO	ANO
Čas [min]	2-10	12-20
Požadavek na materiál [$\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$]	400-800	200-500

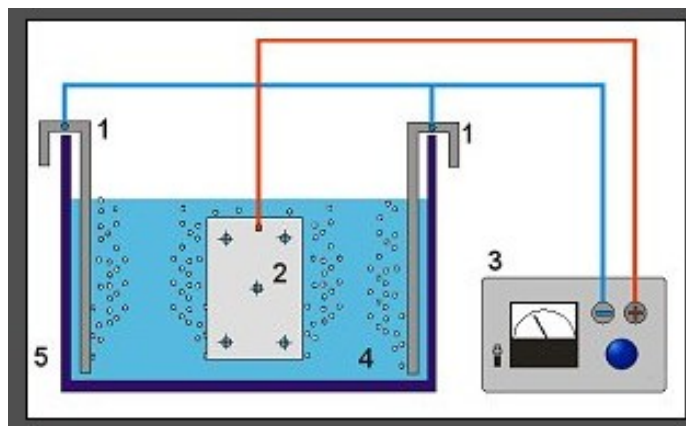
Obrázek. 10 Druhy moření hliníku

17. ELOXOVÁNÍ HLINÍKU

Eloxování je jednou z možných povrchových úprav kovů a některých neželezných slitin. Jde o elektrochemický proces, kdy na povrchu hliníku, který je ponořený do elektrolytické lázně a je zapojen, jako anoda vytvoří oxidickou vrstvu. Tato oxidická vrstva je velmi tvrdá a chemicky odolnější než samotný materiál. Touto oxidickou vrstvou materiál dostává nové, lepší mechanické a chemické vlastnosti. Eloxovanou vrstvu lze také probarvit jakoukoliv průmyslovou barvou a tím zlepšit i estetický vzhled. Eloxování hliníku je velice lehký proces, který se dá provést v domácích podmínkách. [12]

Chemikálie potřebné k eloxování

- odmašťovadlo
- ooxidlo
- eloxovací lázeň
- uzavírací roztok
- barvivo
- destilovaná voda



Obrázek. 11 Princip eloxování hliníku

18. CÍL POKUSU

Cílem mého pokusu bylo zjistit antikorozi vlastnosti nanopovlaku aplikovaného na hliníkový substrát. Dále zjistit přílnavost a chování nanopovlaku po dobu jeho testování v polních podmínkách v časovém rozpětí 3 měsíců na odmaštěném a neodmaštěném povrchu hliníkového substrátu. Zjištění vhodných podmínek pro aplikaci nanopovlaku tak, aby v konečném výsledku splnil požadovanou povrchovou ochranu hliníkového substrátu.

19. METODIKA EXPERIMENTÁLNÍCH

Práce s neočištěným hliníkovým substrátem

- rozdělení hliníkových vzorků
- popis vzorků
- rozbor hliníku
- měření pH jednotlivých suspenzí

Zkoušky na očištěném a neočištěném hliníku

- fotodokumentace
- měření drsnosti povrchu před odmaštěním dle ČSN EN ISO 4287
- alkalické ponorné odmašťování pomocí Simplegreen Extreme
- měření čistoty povrchu Arcotestem
- měření drsnosti povrchu po odmaštění dle ČSN EN ISO 4287
- aplikace nanolaku Novax

Zkoušky s aplikací Novaxu

- fotodokumentace
- měření mokré tloušťky
- měření tloušťky nátěrového systému dle ČSN EN ISO 2808 - *Stanovení tloušťky mokrého laku*
- hodnocení stupně puchýřkování nátěrů dle ČSN EN ISO 4628-2
- zkouška přilnavosti nátěru mřížkovou metodou dle ČSN EN ISO 16276-2
- zkouška přilnavosti adheze/koheze dle normy ČSN EN ISO 16276-1
- hodnocení vzhledu dle normy ČSN EN ISO 4628-1
- porovnání doby vytvrzování

20. POSTUP PRÁCE POKUSU

20.1 Rozdělení a popis vzorků

Rozdělení hliníkového substrátu do čtyř skupin.

- vzorky pro přímé nanesení nanopovlaku
- vzorky pro ponorné odmašťování pomocí Simplegreenu Extreme

Jeden vzorek z každé skupiny byl ponechán v laboratoři jako referenční vzorek.

Popis jednotlivých vzorků viz tabulka.

SADA (A) (Doba vytvrzení nanopovlaku 1 Den)					SADA (B) (Doba vytvrzení nanopovlaku 10 Dnů)			
Den exponování	Odmaštěný (O)		Neodmaštěný (N)		Odmaštěný (O)		Neodmaštěný (N)	
14	1. O. I	1. O. II	1. N. I	1. N. II	14. O. I	14. O. II	14. N. I	14. N. II
28	2. O. I	2. O. II	2. N. I	2. N. II	28. O. I	28. O. II	28. N. I	28. N. II
42	3. O. I	3. O. II	3. N. I	3. N. II	42. O. I	42. O. II	42. N. I	42. N. II
56	4. O. I	4. O. II	4. N. I	4. N. II	56. O. I	56. O. II	56. N. I	56. N. II
70	5. O. I	5. O. II	5. N. I	5. N. II	70. O. I	70. O. II	70. N. I	70. N. II
84	6. O. I	6. O. II	6. N. I	6. N. II	84. O. I	84. O. II	84. N. I	84. N. II

Tabulka 2 Popis vzorků sady A a B

Referenční Vzorky nechané v laboratoři	
Odmaštěné	Neodmaštěné
REF 1. O. L	REF 1. N. L

Tabulka 3 Popsis referenčních vzorků

Den Exponování	Vzorky vytvrzované v peci SADA C	
	Odmaštěný (O)	Neodmaštěný (N)
14	1. P. O. I	1. P. N. I
28	2. P. O. II	2. P. N. II
42	3. P. O. III	3. P. N. III

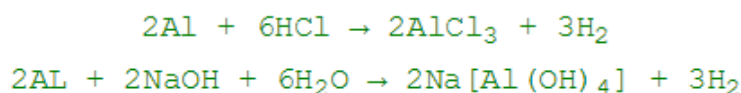
Tabulka 4 Popis vzorků sady C

20.2 Měření pH suspenzí a jeho vliv na hliníkový substrát

Suspenze	pH	°C
Voda na oplach	8,08 pH	23,8 °C
Simplegreen koncentrát	10,96 pH	21,3 °C
Simplegreen 1:10	10,20 pH	23,3 °C
Simplegreenová lázeň po odmaštění	9,75 pH	22,6 °C
Nanopovlak NOVAX VD koncentrovaný s 10% vody	9,39 pH	22,4 °C

Tabulka 5 Naměřené hodnoty pH a °C

Hliník je prvek s amfoterním charakterem, což znamená, že chemicky nereaguje s vodou, ale reaguje s kyselinami a zásadami. Se silnými zásadami reaguje hliník za vzniku tetrahydroxohlinitanů $[\text{Al}(\text{OH})_4]$ což je hydroxid hlinitý. Jde o jeden z nejčastějších aniontu roztoku hliníku. [13]



Rovnice 1 Rovnice reakce hliníku s kyselinami a zásadami

Při reakci hliníku se zásaditým nanopovlakem NOVAX VD se vytváří dusík, který se snaží difundovat pryč z nátěru, tato difundace může mít negativní vliv na přilnavost a vzhled povrchu nanopovlaku. [13]

20.3 Odmaštění vzorků

Odmaštění probíhalo ve skleněné nádobě v roztoku Simplegreen Extreme, který byl naředěn vodou v poměru 1:10. Doba ponoru v lázni jednotlivých vzorků byla 5 minut. Hned po vytažení byly vzorky pod úhlem 45° opláchnuty vodou po dobu 1 minuty, poté sušeny v peci pro zajištění co nejkratší reakce vody s povrchem substrátu. Pro zjištění dostatečné čistoty povrchu byl proveden test čistoty pomocí inkoustů.

20.4 Měření drsnosti vzorků

Měření drsnosti bylo měřeno u neodmaštěného a odmaštěného vzorku provedeno drsnoměru MYTUTOYO SJ-301 . Byly naměřeny vždy tři hodnoty v příčném a tři hodnoty v podélném směru na každém vzorku.

20.5 Nanesení nanolaku na hliníkový substrát

Nanášení nanopovlaku bylo rozděleno do 3 sad vzorů. Každá sada obsahovala vzorky chemicky odmaštěné a neodmaštěné. Na Sadu A a B byl nanolak nanesen pneumatickým stříkáním o tlaku 0,4 MPa. Po nastříkání se sada A nechala vysušit po dobu 24 hodin v laboratorních podmínkách a poté byla vystavena pokus polních podmínek. Sada B se nechala sušit při teplotě 23° C v laboratorních podmínkách 10 dnů, poté byla i Sada B vystavena polním podmínkách. Aplikace nátěru na sadu C byl dodržen přesně dle patentového listu.

21. POPIS POUŽITÉHO VYBAVENÍ

21.1 Měřič drsnosti – MYTUTOYO SJ-301

Tento přístroj slouží pro měření drsnosti podle ČSN EN ISO 4287.

Vlastnosti:

- velký snadno čitelný LCD displej s velkými znaky
- jednoduchá obsluha díky dotykovému displeji
- odolný proti kontaminovaným látkám
- vybaven baterii s velkou kapacitou, což umožňuje cca 600 měření při plném napětí
- vysoké rozlišení, vestavěná vysokorychlostní tiskárna v hlavní jednotce
- možnost nastavení pěti druhů měření – možnost uložení do paměťové karty a následně přenést do počítače v podobě tabulky



Obrázek 12 Měřič drsnosti MYTUTOYO SJ 301

Měřené hodnoty drsnosti

R_a – střední aritmetická úchylka profilu [μm]

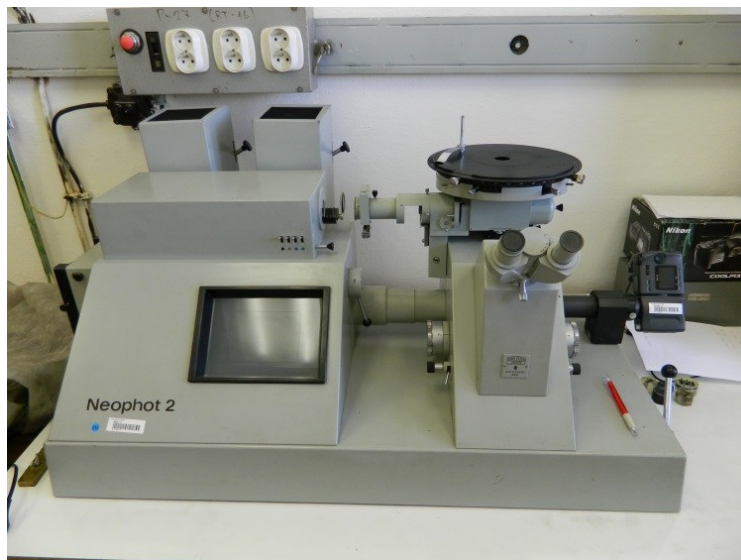
Aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic $Z(x)$ v rozsahu základní délky l_r .

R_z – největší výška profilu [μm]

Součet výšky nejvyššího výstupku a hloubky nejnižší prohlubně v rozsahu délky l_r .

21.2 Světelný Mikroskop Neophot 2

Světelný mikroskop Neophot 2 slouží ke zkoumání a focení metalografických struktur při zvětšení od 25x do 2000x. K mikroskopu je připojen digitální fotoaparát, který zachycuje jednotlivé snímky daných mikrostruktur.



Obrázek. 13 Světelný mikroskop Neophot 2

21.3 Měřič teploty a pH

Přístroj Eutech pH 5+ slouží k měření teploty a zároveň pH. Je velice jednoduchý na použití jeho nastavení a přepínání umožňuje rychlou práci. Měřič se používá pro kontrolu v hydroponii, akvakultuře, zemědělství, bazénech a lázeňských zařízeních a v mnoha dalších podobných odvětvích.

Technické údaje:

Eutech pH 5+

Rozsah (Teplota ° C) -10 až 110 Rozsah (Teplota ° F), 14 – 230

Rozlišení (teplota) 0,1 C Přesnost (pH) na +/- 0,01 pH LCD displej

Kalibrace až 3 body



Obrázek. 14 Měřič teploty a pH

21.4 Stříkací pistole

Vysoká hospodárnost

- technologie SATA zaručuje spolehlivé a přesné výkony, které se pohybují nad 65 % úsporou požadovanými legislativou VOC jako Extra úsporná. Pistole tak není jen ekologicky přijatelná, ale šetří velké množství používaného materiálu

Nízká spotřeba vzduchu

- tím je pistole vhodná také pro kompresory s nízkým litrovým výtlakem

Ergonomicky tělo pistole

-moderní design malých montážních rozměrů a nízká hmotnost pro snadnou práci

Sady trysek o velikostech od 1,4 do 2,0 pro nanášení základních barev a tmelů zajistí konstantní vysokou vrstvu nátěru. [8]

Technické informace:

Spotřeba vzduchu:	290 NI/min (10,3 cfm)
Doporučený vstupní tlak:	1,5 - 2,0 bar (21,8 - 29 psi)
Maximální provozní teplota:	50
Maximální provozní přetlak:	10 bar (145 psi)
Hmotnost lakovací pistole:	456 g
Připojení vzduchu:	G 1/4 a
Velikost trysek:	1,4 - 2,0

Tabulka 6 Technické údaje stříkací pistole



Obrázek. 15 Stříkací pistole se zásobníkem

21.5 Měřicí hřeben pro mokré tloušťky nanopovlaku

Pro měření mokré vrstvy jsem použil měřicí hřeben, který je vyroben z materiálu, který je korozně odolný, a který obsahuje zuby podél svého okraje. Krajiní zuby v rozích desky tvoří základní linii, podél nichž jsou seřazeny vnitřní zuby, které tvoří odstupňovanou řadu mezer. Každý zub je označený odpovídající hodnotou tloušťky. Rozsah měřících zubů je (25 – 3000 μm).

Měřicí hřeben lze použít v souladu s normami

STM D 4414-A, BS 3900-C5-7B, ISO 2808-7B, NF T30-125, AS/NZS 1580.107.3, ISO 2808-1A.



Obrázek 16 Měrka pro měření mokré tloušťky nátěru

21.6 Odtrhoměr Elcometr 506

Hydraulický odtrhoměr pro vyhodnocení adheze nátěru.

- rozsah měření až 50 Mpa
- otočný klikový mechanismus pro plynulé zatížení
- digitální ukazatel aktuální síly
- nízký testovací hlavice pro snadný přístup do špatně přístupných míst
- vhodný pro testování na kovových, dřevěných, betonových a jiných podkladech
- odolný proti prachu a vodě dle normy IP65 [14]

Přístroj Elcometr vyhovuje normám:

ASTM D4541, ASTM D7234, AS/NZS 1580.408.5, BS 1881-207, DIN 1048-2, EN 12636, EN 13144, EN 1348, EN 1542, EN 24624, ISO 16276-1, ISO 4624, NF T30-606, NF T30-062



Obrázek. 17 Odtrhový přístroj Elcometr 506 [14]

21.7 Mřížková šablona pro zkoušku SP 3000

SP3000 je víceúčelový nástroj pro provádění šesti testů. Šablona může být použita pro mřížkovou zkoušku 6x1, 6x2 a 6x3 mm podle normy ISO 2409:2003 a ASTM D3359 (křížový řez), měření tloušťky mokrého filmu od 50 do 160 μm , aplikaci filmu od 0 do 180 μm a pro provádění indikačního určení viskozity. Společně se šablonou je dodáván řezný nástroj a adhezni páska pro mřížkovou zkoušku přilnavosti. [13]

21.8 Dvousložkové epoxidové lepidlo Araldite Standard

Jde o silné, bezrozpouštědlové lepidlo vhodné pro všechny druhy materiálu, ideální pro trvalé lepení a opravy. Je perfektní pro složité úlohy, které vyžadují dlouhou úpravu. Díky dlouhé době vytvrzení lze s lepidlem dlouho manipulovat, než zcela vytvrdne. Spojuje kovy, dřevo, zdivo, keramiku, sklo, suchý beton, dřevotřísku, kůži, lepenku, tkaninu, pryž a většinu plastů [16]

Aplikace

Povrch očistíme aby, neobsahoval prach, korozi, nečistoty a mastnotu. Pro optimální lepení mírně zdrsňme povrch jemným brusným papírem a odmaštěním kovů vhodným rozpouštědlem. Během montáže aplikujeme na spoje lehký tlak, dokud se nedosadí (svorky, páska) přibližně 8 hodin. Necháme 14 hodin dosáhnout plné síly před hrubou manipulací nebo broušením. [16]



Obrázek. 18 Dvousložkové epoxidové lepidlo [16]

21.9 Inkoustová sada pro zjištění čistoty povrchu

Testovací inkoustové roztoky, které mají definované povrchové napětí. Inkousty jsou v rozsahu od 28-56 MN/m. Tyto lahvičky bývají v různých sadách. Tyto sady zpravidla obsahují 7 lahviček po 10ml s nanášecím štětečkem.

Výhody Inkoustu

- možnost rychlého testování s vysokou přesností
- dobrá čitelnost na drsných a tmavých podkladech
- pokud pro aplikaci použijeme vatovou tyčinku, nehrozí zašpinění
- široký rozsah různých i speciálních povrchových napětí jsou dodány na požádání

Skladování Inkoustů

- skladovat v pokojové teplotě od 20 do 25°C
- zabránit přímému slunečnímu svitu
- uchovávat lahvičku řádně uzavřenou
- zamezit kontaminaci během používání (prach a špína) [17]



Obrázek. 19 Inkoustová sada pro Arcotest [17]

22. POUŽITÉ MATERIÁLY A ODMAŠŤOVADLO

22.1 Hliníkový substrát (AlMG3, EN-AW 5754 H111, ČSN 42 4413, DIN 3-3535)

Slitina Al-Mg – Hydronalium

Tloušťka plechu: 3 mm

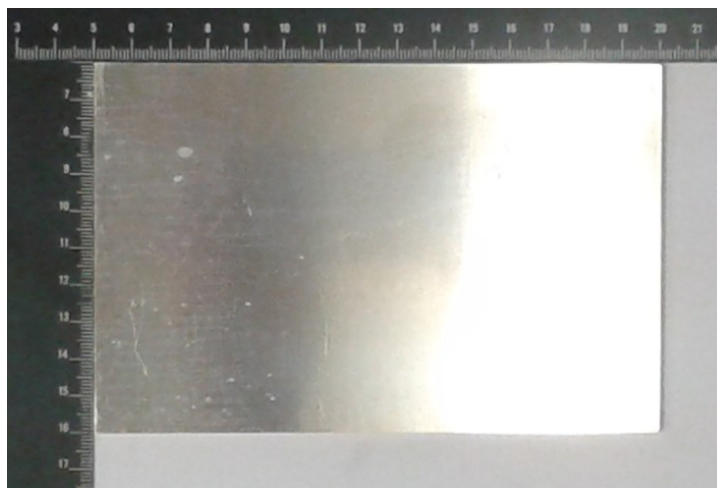
Rozměry plechu: 100x150 mm

22.1.1 Vlastnosti hliníkového substrátu

Materiál	Stav	Rm (Mpa)		Rp 0,2 (Mpa)
		Min.	Max.	
Al Mg3 EN Aw 5754	H111 měkký	190	240	80

Tabulka 7 Vlastnosti hliníkového substrátu

- přirozeně tvrdý, nevytvrditelný, odolný mořské vodě
- materiál je chemicky stálý
- je dobře eloxovatelný, leštěný
- dá se dobře svářet, obrábět
- pevnost v tahu min. 180 Mpa (tvrdost cca 45 HBW) [17]



Obrázek. 20 Hliníkový substrát

22.2 Odmašťovací prostředek Simplegreen Extreme Aviation

Průmyslový, s velmi velkou účinností, vodou ředitelný, čistící a odmašťovací přípravek, který je určen k jakémukoliv čištění a odmašťování velmi znečištěných a zamaštěných povrchů, který splňuje ty nejvyšší bezpečnostní kritéria. Tyto kritéria vydává firma BOEING D6-17487P. Simplegreen se nejčastěji používá k čištění kovových, plastových, ale také lakovaných povrchů. Čištění pomocí simplegreenu lze uskutečnit pomocí postřikovacích strojů, tlakových a ultrazvukových odmašťovacích zařízení ve strojírenském, leteckém průmyslu, ale i v pozemní dopravě, bez jakéhokoliv problému, při kterém by došlo k poškození čistěných povrchů.

Vlastnosti pracovní směsi:

Nehořlavá, neabrazivní, bezoplachová, neobsahující barviva a parfémy, neobsahuje žádný silikon ani teflon. Tuto velice dobře koncentrovatelnou směs lze naředit vodou od 1:1 až do poměru 1:200. Po naředění optimálně odmašťuje i při běžných dílenských a pokojových teplotách, směs je vysoce aktivní v teplotním rozmezí 10 – 60 °C, tímto ušetříme velké množství energie. Simple roztok není dle vyhlášky MŽP č 509/2005 Sb. považován za výrobek s obsahem organických rozpouštědel, tudíž jeho VOC není nutno registrovat. Směs je velice dobře odbouratelná, 100% po 28 dnech dle metody OECD 301-D. SG Extréme roztok již obsahuje inhibitory koroze. [18]



Obrázek. 21 Odmašťovací prostředek Simplegreen Extreme

22.3 Nanolak NOVAX VD-AK-3-289

Transparentní vytvořený pro krátkodobou přepravu materiálu. Vodou ředitelný nanolak, ve kterém jsou obsaženy akrylátové disperze, aditiva pro lepší smáčivost, inhibitory koroze a také antikorozní pigmenty. Antikorozní pigmenty pracují na bázi oxyaminogsfátového komplexu vápníku a hořčíku. Díky těmto komplexům rozpuštěných ve vodě s pomocí organických inhibitorů je nátěr schopen vytvořit na materiálu ochranou pasivační vrstvu o průměrné tloušťce 50-70 mikronů s 25-50nm nanovrstvy při mokré tloušťce 180-200nm. Nanolak má vysokou antikorozní vlastnost v atmosférických podmínkách. Lak dále obsahuje látky na bázi hydrofobních Aerosolu tj. Aerosil R 805. Aerosil R 805 je látkou která zvyšuje antikorozní vlastnosti povlaku. Zvyšuje se také jeho toxitropie. Je to reologická vlastnost daných plastických nátěrových systémů, které jsou namáhány smykovými silami (třepání, míchání), díky tomu se ze začátku projevuje jako velmi viskózní nátěr, který s rostoucím časem klesá. Nechá-li se systém v klidovém režimu, jeho struktury se opět obnoví a viskozita se vrátí do původního stavu. [19]

Aplikace nanolaku Novax VD-AK-3-289

Aplikace Novaxu probíhá nejprve naředěním 10%-15% vody. Voda je použita z vodovodního řádu za normální teploty 23°C. Naředěním vodou dosáhneme viskozity 217 mm²/s. Před samotným nanesením laku je potřeba výrobek předeřhřát na teplotu 38-45°C. Poté je lak pneumaticky nastříkán pod tlakem 0,2-0,4 Mpa, dále se výrobek s naneseným lakem nechá sušit na vzduchu při pokojové teplotě 10 minut. Po 10 minutách sušení na vzduchu se výrobek s nátěrem dosuší a dovytvdí v peci při teplotě 68-78°C po dobu 30 minut. Po vyjmutí se nechá volně zchladit na vzduchu při pokojové teplotě. [19]

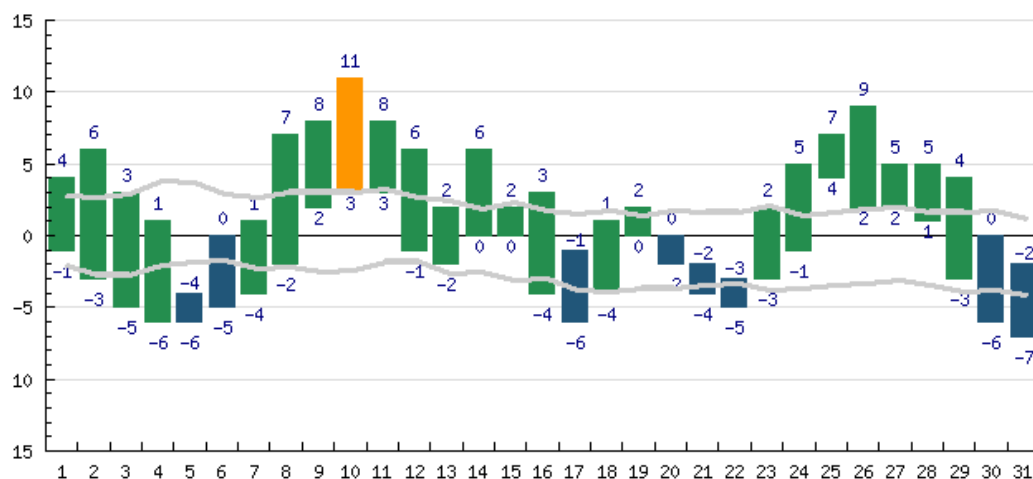
23. POLNÍ PODMÍNKY

23.1 Poloha pokusu

Poloha pokusu polních podmínek byla střecha hlavní budovy (A) VŠB-TUO. Zde byly umístěny všechny vzorky, které byly vystaveny koroznímu prostředí Ostravy, které udává stupeň agresivity podnebí C3-C4, což znamená střední až vysoký stupeň agresivity.

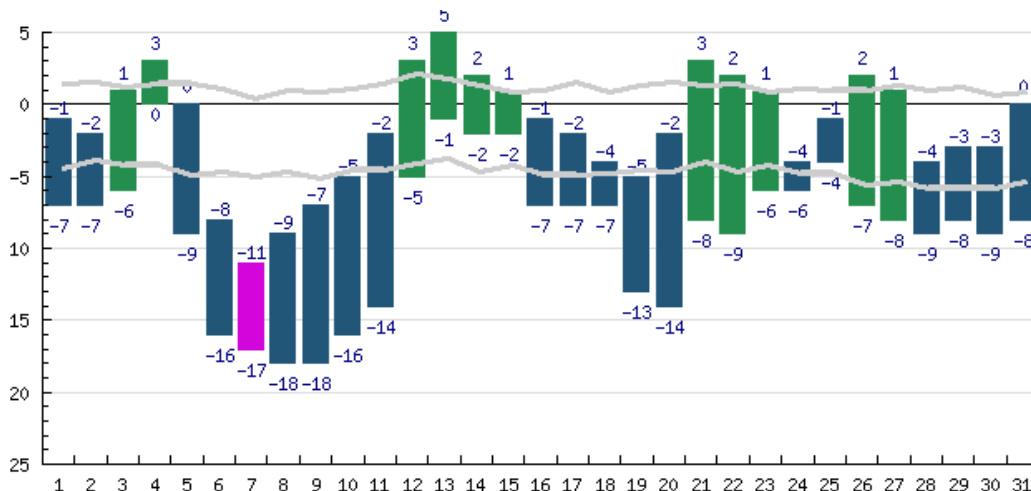
23.2 Počasí / Teploty Prosinec – Březen

Prosinec 2016



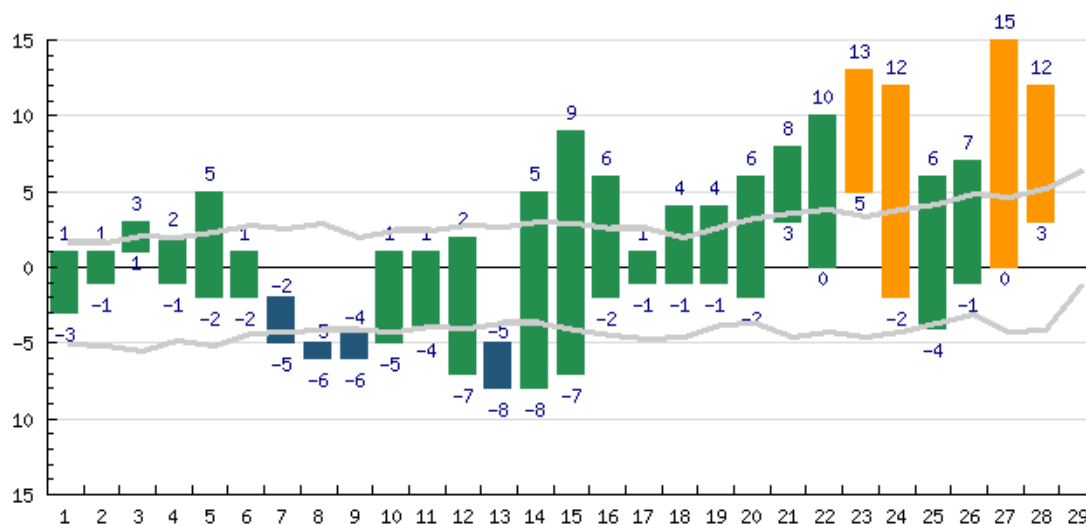
Obrázek 22 Průběh teplot v měsíci Prosinec [20]

Leden 2017



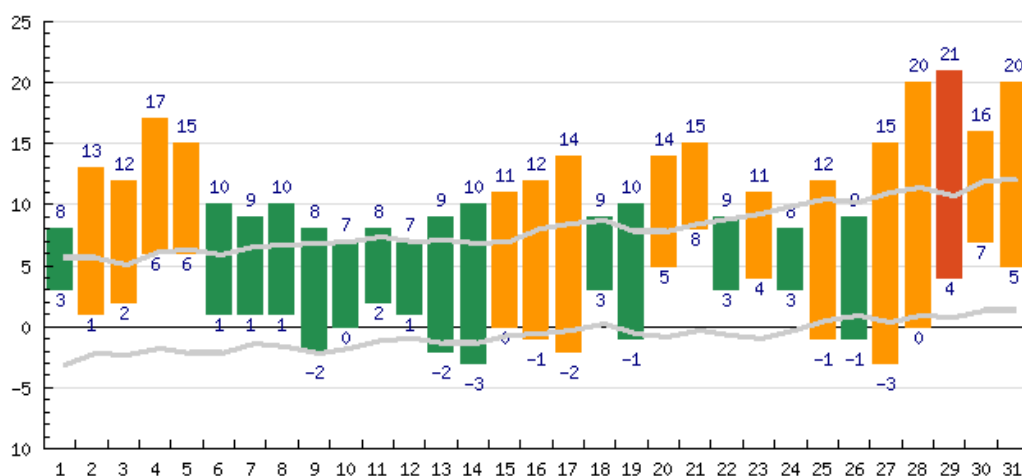
Obrázek 23 Průběh teplot v měsíci Leden [20]

Únor 2017



Obrázek 24 Průběh teplot v měsíci Únor [20]

Březen 2017



Obrázek. 25 Průběh teplot v měsíci Březen [20]

23.3 Dny exponování

Vzorky byly umístěny do venkovního prostředí 21.12.2017

Exponování Sady A (N)	Ukončení expozice	Teplota při ukončení expozice	Počet dní v polních podmínkách
1	4.1.2017	0 °C	14
2	18.1.2017	- 6 °C	28
3	1.2.2017	- 3 °C	42
4	15.2.2017	- 5 °C	56
5	1.3.2017	0 °C	70
6	15.3.2017	+ 2 °C	84

Tabulka 8 Dny a teploty v daný expoziční den sady A

Exponování Sady B	Ukončení expozice	Teplota při ukončení expozice	Počet dní v polních podmínkách
1	18.1.2017	- 6 °C	14
2	1.2.2017	- 3 °C	28
3	15.2.2017	- 5 °C	42
4	1.3.2017	0 °C	56
5	15.3.2017	+ 2 °C	70
6	29.3.2017	+ 3 °C	84

Tabulka 9 Dny a teploty v daný expoziční den sady B

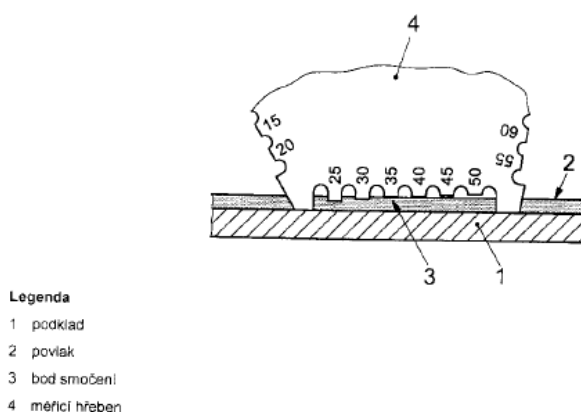
Exponování Sady C	Ukončení expozice	Teplota při ukončení expozice	Počet dní v polních podmínkách
1	2.3.2017	+ 3 °C	14
2	16.3.2017	+ 5 °C	28
3	30.3.2017	+ 10 °C	42

Tabulka 10 Dny a teploty v daný expoziční den sady C

24. MĚŘENÍ MOKRÉ TLOUŠŤKY NÁTĚRU DLE ČSN EN ISO 2808

Toto mechanické zjištění mokré tloušťky nátěru je vhodné pro veškeré kombinace podklad-nátěr. Podklad aspoň z jednoho směru musí být rovný, aby bylo možné nátěr změřit. Jelikož je možnost chyby v destruktivním měření, např. zůstatek pigmentu mezi měřidlem a podkladem, proto je zavedena tzv. systematická chyba. „zajištěná tloušťka povlaku je nižší než skutečná tloušťka mokrého filmu nejméně o průměrnou hodnotu průměru částic pigmentu. [21]

Měřicí hřeben, je vyroben z materiálu, který je korozně odolný a obsahuje zuby podél svého okraje. Krajiní zuby v rozích desky tvoří základní linii, podél které jsou seřazeny vnitřní zuby, které tvoří odstupňovanou řadu mezer. Každý zub je označený odpovídající hodnotou tloušťky. Rozsah měřících zubů je (25 – 3000 μm). [21]



Obrázek 26 Měření mokré tloušťky nátěru

Při měření je důležité zajistit čistotu zubů hřebene a zkontrolovat zda nejsou opotřebené nebo mechanicky poškozené. Hřeben se po nanesení nátěru přitiskne na rovnou plochu součásti tak aby zuby byly kolmo k rovině povrchu. Než se hřeben odejme ze zkoušeného povrchu, je potřeba setrvání pro dostatečné smáčení zubů. V případě zakřiveného povrchu je nutné, aby byl hřeben umístěn rovnoběžně s osou zakřivení. Po odejmutí hřebene z povrchu kontrolujeme smáčené a nesmáčené zuby. Hodnota posledního zubu, který je smáčen nátěrem je výsledná hodnota mokré tloušťky nátěru. [21]

25. HODNOCENÍ PUCHÝŘKOVÁNÍ DLE ČSN EN ISO 4628-2

Norma ČSN EN ISO 4628-2 „*Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikost defektů a intenzity jednotlivých změn vzhledem*„

Norma ISO 4628-2 popisuje vyhodnocující metodu, která pomocí obrázkových standardů vyhodnocuje stupeň puchýřkování. Obrázkové standardy jsou popsány jako velikosti 2, 3, 4 a 5 a každá tato velikost i v množství (hustotě) 2, 3, 4 a 5. Hodnocení puchýřků musí probíhat za dostatečného osvětlení. Při hodnocení např. množství puchýřků 2 a velikost 2, se zápis vyhodnocení píše jako „puchýřkování: stupeň puchýřkování 2(S2). [22]

26. HODNOCENÍ ODLUPOVÁNÍ DLE ČSN EN ISO 4628-5

Norma ISO 4628-5 popisuje vyhodnocující metodu, která pomocí obrázkových standardů vyhodnocuje stupeň odlupování. Rozsah odlupování se hodnotí podle vzorové tabulky 11 a velikost odloupnuté plochy pomocí tabulky 12. V této závislosti se použije druh obrázkového standardu (a nebo b) pro vyhodnocení hloubky a typu odlupování.

Odlupování (a) : nátěr odlupující se od mezivrstvy

Odlupování (b) : odlupování celého nátěrového systému od podkladu [23]

Klasifikace	Plocha vykazující odlupování %
0	0
1	0,1
2	0,3
3	1
4	3
5	15

Tabulka 11 Klasifikace odlupování v %

Klasifikace	Velikost ploch vykazujících odlupování
0	Neviditelné bez zvětšení
1	Do 1 mm
2	Do 3 mm
3	Do 10 mm
4	Do 30 mm
6	Větší než 30 mm

Tabulka 12 Klasifikace odlupování v mm

27. ZKOUŠKA PŘILNAVOSTI DLE ČSN EN ISO 16276

27.1 Odtrhová zkouška ČSN EN ISO 16276-1

Norma ISO 16276 upřesňuje postupy hodnocení odtrhové pevnosti ochranného nátěrového povlaku jakékoliv tloušťky. Norma také specifikuje vhodná zařízení a definuje inspekční plochy, schválení/zamítnutí výsledku. [24]

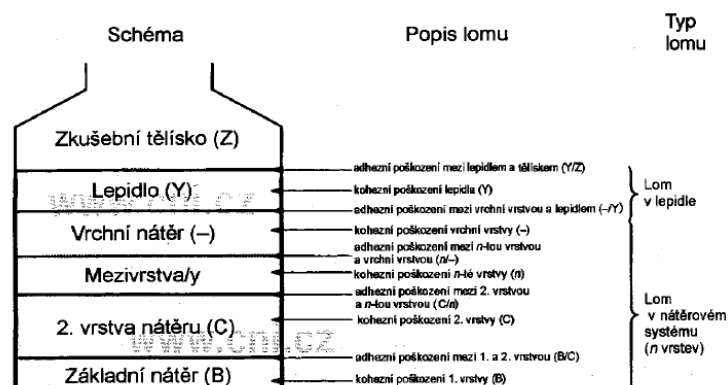
Příprava povrchu a postup měření testovacím tělískem

Povrch, který je testován, by měl být před aplikací suchý bez prachu nebo jiných nečistot, které by mohli negativně ovlivnit výsledky. Po očištění povrchu je třeba zdrsňit stykové plochy nátěru i testovací panenky jemným smirkovým papírem. Na zdrsňené plochy panenky se nanese tenká vrstva dvousložkového epoxidového lepidla a přitlačí se na testovaný zdrsňený povrch. Zatížením panenek zajistíme stabilní spoj. Po uplynutí 24 hodinového vytvrzení lepidla lze zatížení oddělat a pomocí speciálního nože oddělit nátěr a zbytek lepidla kolem zkušební panenky kvůli připojení odtrhové hlavy. Odtrhová hlava odtrhne panenku o průměru 20mm kolmo ke zkušební ploše. Vyhodnocení lomu se hodnotí z panenky i z plochy odtrhu v nátěru. [24]



Obrázek. 27 Princip adhezni zkoušky [24]

Druh lomu se zkoumá vizuálně z plochy odtrhu. Daný typ lomu se hodnotí dle daného nákresu.

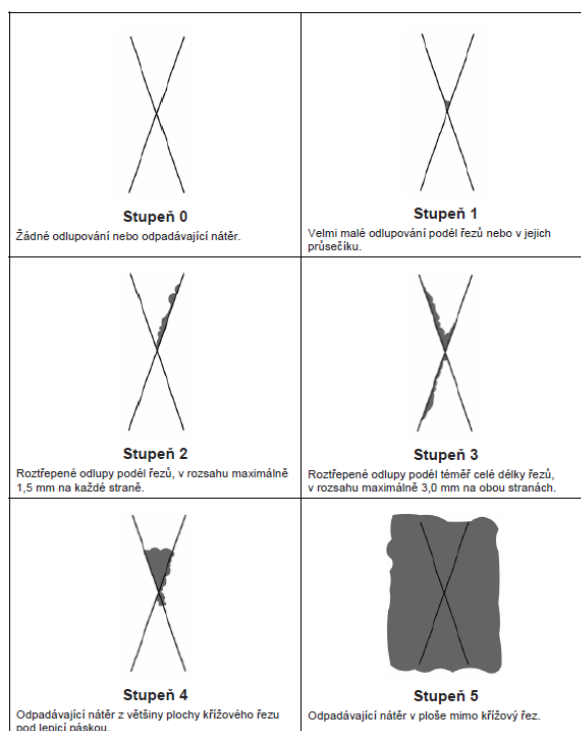


Obrázek 28 Přehled lomu v adhezni zkoušce [24]

27.2 Křížový řez ČSN EN ISO 16276-2 / ISO 2409 a ASTM 3359

Norma ČSN EN ISO 16276-2 „Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez“, popisuje postup při vyhodnocování přilnavosti nátěrového systému, do kterého je proveden řez v podobě X nebo mřížky tak, aby pronikl až k podkladovému kovu. Jedná se tedy o zkoušku destruktivní. [25]

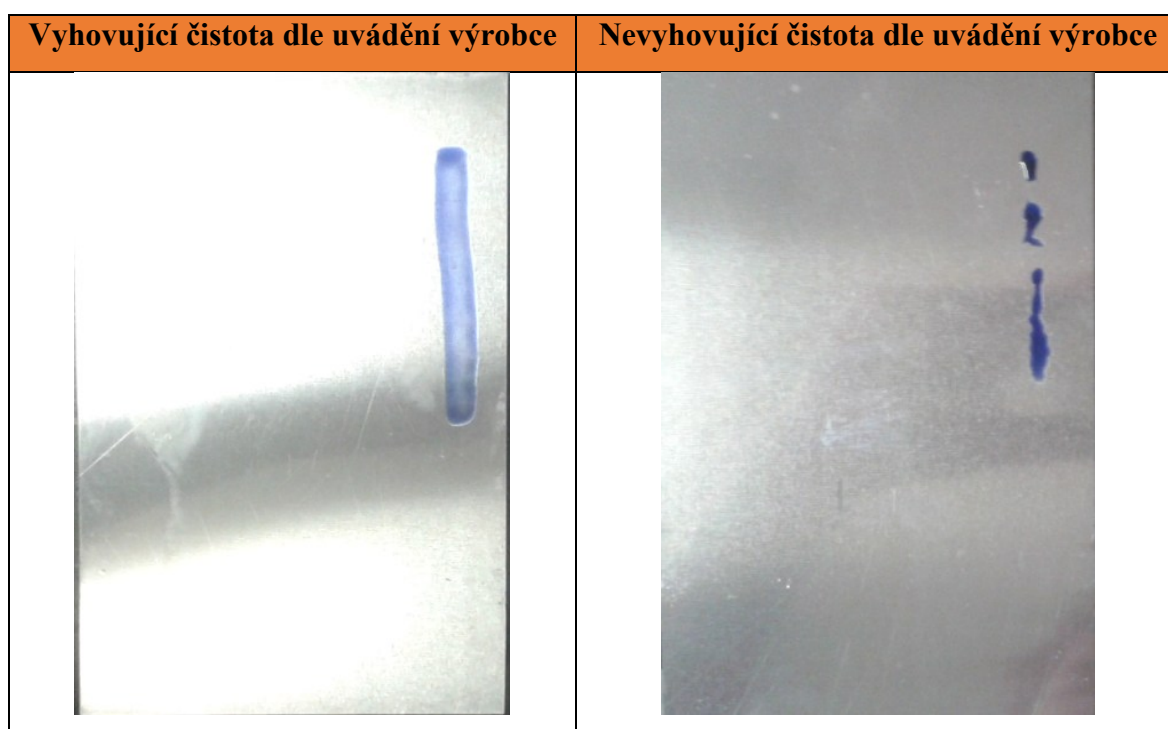
Princip metody křížového řezu spočívá ve vniknutí ostrého nástroje dle ISO 2409 do povlaku až na povrch substrátu. Řez je veden ve tvaru X v rozmezí 30-45°. Po vytvoření řezu se na řez přilepí vyhodnocující ISO 2409 průhledná lepicí páska. Přitlačí se prsty a během 5 minut se ve 1- 2 vteřinách pod úhlem 60° odtrhne. Páska se poté přilepí na průhlednou fólii. Výsledkem je vyzorované poškození, které porovnáváme se stupnicí která je zobrazena na obrázku 29 [25]



Obrázek 29 Stupnice vyhodnocení křížového řezu [25]

28. ARCOTEST

Inkoust se nanasl pomocí nanášecího štětečku na povrch hliníkového substrátu v délce cca 5 cm. Vytvoří-li inkoust souvislý film viz foto vlevo bez toho, aniž by se shlukl do jednotlivých kapiček, je povrchové napětí větší než povrchové napětí inkoustu, tudíž je povrch dle výrobce očištěný dostatečně. Shlukne-li se inkoust do kapiček během 2 sekund viz. Foto vpravo povrchové napětí povrchu je menší než napětí inkoustu tedy, povrch není dostatečně očištěn. Pro zjištění čistoty byl použit roztok s povrchovým napětím 38 MN/m.



Tabulka 13 Vzorky arcotestu

29. MĚŘENÍ DRSNOSTI

Měření konečné drsnosti pomocí drsnoměru Mitutoyo SJ-301. Všechna měření byla prováděna dle platné normy **ČSN EN ISO 4287**. Měření bylo provedeno ve třech měřeních v příčném a podélném směru. Všechny naměřené hodnoty byly zapsány do tabulky. Viz.tab 15,16

	MITUTOYO SJ -301	
λ_c	(rozhraní mezi drsností a vlnitostí)	0,8
l	délka úseku měřeného diamantovým hrotem	4 mm

Tabulka 14 Hodnoty měření drsnosti

Vzorek povrchově neodmaštěn				
	Ra		Rz	
	Příčný	Podélný	Příčný	Podélný
1	0,16	0,21	1,17	1,37
2	0,17	0,18	1,08	1,22
3	0,25	0,28	1,64	1,97



Tabulka 15 Naměřené hodnoty drsnosti na neodmaštěném povrchu

Vzorek povrchově odmaštěno				
	Ra		Rz	
	Příčný	Podélný	Příčný	Podélný
1	0,48	0,22	3,25	1,47
2	0,36	0,27	2,53	1,51
3	0,38	0,44	2,58	2,52

Tabulka 16 Naměřené hodnoty drsnosti na odmaštěném povrchu

30. VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ NÁTĚRU DLE ČSN EN ISO 4628



30.1 Sada A - odmaštěná (vytvrzení 1 den v laboratorních podmínkách)

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (O)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	-	Puchýřkování	-
Odlupování	-	Odlupování	-



Tabulka 17 Sada A (O) 14 dní exponování

U odmaštěné sady A došlo k úplnému oddělení povlaku od hliníkového substrátu již po 14 dnech exponování v polních podmínkách. Jednou z příčin by mohl být fakt, že po odmašťování byla odstraněna oxidická vrstva Al_2O_3 nebo jiný prvek, který mohl napomáhat dobré adhezi nátěru k povrchu hliníkového substrátu.



30.2 Sada A-neodmašťená (vytvrzení 1 den v laboratorních podmínkách)

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	3 - 2 (S3)	Puchýřkování	0 (S0)
Odlupování	3 (S4)b	Odlupování	4(S4)b



Tabulka 18 Sada A (N) 14 dní exponování

28 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	2 - 2 (S5)	Puchýřkování	2 - 2 (S3)
Odlupování	0	Odlupování	0



Tabulka 19 Sada A (N) 28 dní exponování

42 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	2 – 2 (S4)	Puchýřkování	0 (S0)
Odlupování	5(S5)	Odlupování	5(S5)



Tabulka 20 Sada A (N) 42 dní exponování

56 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	2 – 2 (S)	Puchýřkování	2 – 2 (S5)
Odlupování	4(S4)b	Odlupování	2(S3)b

Tabulka 21 Sada A (N) 56 dní exponování



70 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	2 – 2 (S3)	Puchýřkování	2 – 2 (S2)
Odlupování	4(S4)b	Odlupování	5(S5)b

Tabulka 22 Sada A (N) 70 dní exponování



84 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA A (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	2 – 2 (S2)	Puchýřkování	2 – 2 (S5)
Odlupování	0	Odlupování	2(S3)b

Tabulka 23 Sada A (N) 84 dní exponování



30.3 SADA B (vytvrzení 10 dnů v laboratorních podmínkách)

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA B (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	0 (S0)	Puchýřkování	0 (S0)
Odlupování	0 (S0)	Odlupování	0 (S0)


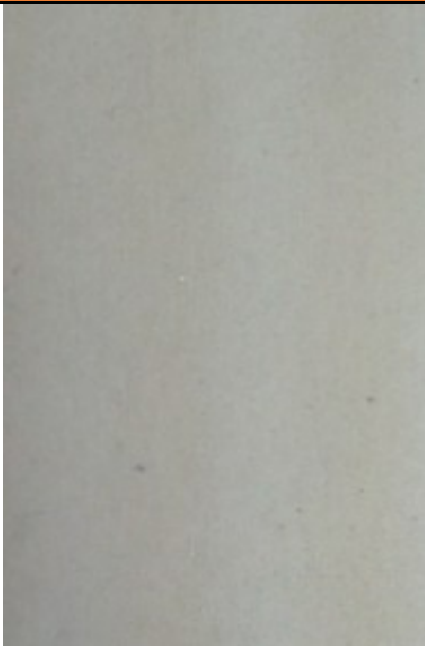
Tabulka 24 Sada B (N) 14 dní exponování

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA B (O)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	0 (S0)	Puchýřkování	0 (S0)
Odlupování	0 (S0)	Odlupování	0 (S0)

Tabulka 25 Sada B (O) 14 dní exponování

84 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA B (N)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	0 (S0)	Puchýřkování	0 (S0)
Odlupování	0 (S0)	Odlupování	0 (S0)

Tabulka 26 Sada B (N) 84 dní exponování

84 DNÍ EXPONOVÁNÍ SADA B (O)			
Vzorek I		Vzorek II	
			
Puchýřkování	0 (S0)	Puchýřkování	0 (S0)
Odlupování	0 (S0)	Odlupování	0 (S0)

Tabulka 27 Sada B (O) 14 dní exponování



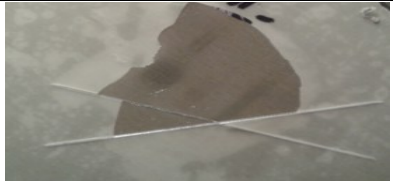
U zkoušek degradace nátěru dle ČSN EN ISO 4628 jsme vyhodnocovali degradaci nátěru puchýřkováním a odlupováním. Z tabulek 17 – 27 jsou viditelné rozdíly mezi sadou A a sadou B. Sada A vykazuje rozdílné barevné, ale i povrchové vlastnosti. U sady A je pravděpodobné, že v důsledku stále probíhajících chemických procesů během polních podmínek byl nanopovlak náchylný na korozní činitele v atmosféře, tento fakt je jednou z možných příčin vzniku puchýřků a následného odlupování od povrchu hliníkového substrátu. Další možností byla reakce hliníkového podkladu se zásaditým charakterem nanopovlaku. Díky této reakci se vytváří vodík a snaží se difundovat pryč z povlaku. Při spojení s atmosférickou vlhkostí mohl také napomáhat k jisté degradaci nátěru. 10 dnů v laboratorních podmínkách však bylo zřejmě dostačujících pro vyprchání nežádoucích chemických reakcí u sady B, a tedy i difuze vody a vodíku, které mohly nepříznivě ovlivnit ochranný nanopovlak. Sada B byla povrchově i barevně stálá a bez známek puchýřků nebo odlupování.

31. VYHODNOCENÍ PŘILNAVOSTI KŘÍŽOVÝ ŘEZ

Sada	DEN EXPONOVÁNÍ	OZNAČENÍ VZORKU	STUPEŇ KLASIFIKOVANÉHO X ŘEZU		
			I	II	III
A	14 DNÍ	1. N. I	0	4	0
		1. N. II	0	0	0
B		14. N. I	0	0	0
		14. N. II	0	0	0
		14. O. I	0	0	0
		14. O. II	0	0	0
A	28 DNÍ	2. N. I	0	2	5
		2. N. II	0	0	0
B		28. N. I	0	0	0
		28. N. II	0	0	0
		28. O. I	0	0	0
		28. O. II	0	0	0
A	42 DNÍ	3. N. I	0	-	-
		3. N. II	0	-	-
B		42. N. I	0	0	0
		42. N. II	0	0	0
		42. O. I	0	0	0
		42. O. II	0	0	0
A	56 DNÍ	4. N. I	0	0	0
		4. N. II	0	0	0
B		56. N. I	0	0	0
		56. N. II	0	0	0
		56. O. I	0	0	0
		56. O. II	0	0	0
A	70 DNÍ	5. N. I	0	-	-
		5. N. II	0	-	-
B		70. N. I	0	0	0
		70. N. II	0	0	0
		70. O. I	0	0	0
		70. O. II	0	0	0
A	84 DNÍ	6. N. I	0	0	0
		6. N. II	0	0	0
B		84. N. I	0	0	0
		84. N. II	0	0	0
		84. O. I	0	0	0
		84. O. II	0	0	0


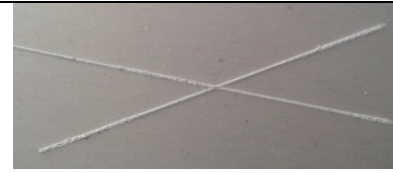

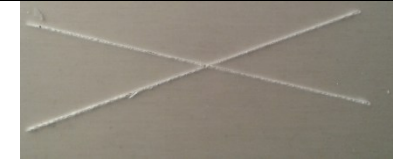

Tabulka 28 Vyhodnocení křížového řezu u sady A,B

31.1 Nevyhovující X řezy

SADA	VZOREK	ŘEZ	KLASIFIKACE	FOTODOKUMENTACE
A	1. N. I	II	4	
A	2. N. I	II	2	
A	2. N. I	III	5	

Tabulka 29 Nevyhovující křížový řez



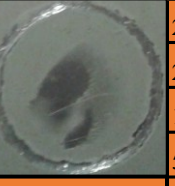

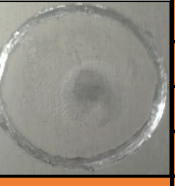
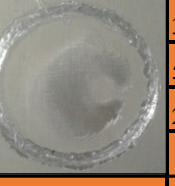
31.2 X řez stupeň 0

SADA	VZOREK	ŘEZ	KLASIFIKACE	FOTODOKUMENTACE
REF	REF 1. O. L	I	0	
REF	REF 1. N. L	II	0	
A	5. N. I	I	0	
B (N)	42. N. I	II	0	
B (O)	42. O. I	III	0	

Tabulka 30 Vyhovující křížový řez




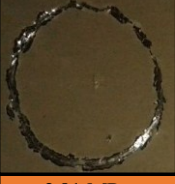
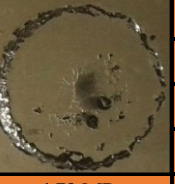

32. HODNOCENÍ PŘILNAVOSTI

32.1 Referenční vzorky

REFERENČNÍ VZORKY						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
REF I. O. L		40% Adheze A/B		20% Adheze A/B		20% Adheze A/B
		20% Koheze B		20% Koheze B		20% Adheze Y/Z
		20% Adheze Y/Z		60% Adheze B/Y		10% Koheze Y
		20% Koheze Y				50% Adheze B/Y
		4,64 MPa		5,52 MPa		4,32 Mpa
REF I. N. L		70% Adheze A/B		30% Koheze A/B		30% Adheze A/B
		30% Adheze B/Y		30 % Koheze B		50% Adheze B/Y
				60 Adheze B/Y		20% Koheze B
		5,66 MPa		4,76 MPa		4,05 MPa

Tabulka 31 Klasifikace adhezních lomu - Referenční vzorky

32.2 Sada A (vytvrzení 1 den v laboratorních podmínkách)

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		10% Adheze A/B		20% Adheze A/B		90% Adheze A/B
		10% Koheze B		15% Koheze B		10% Adheze Y/Z
		80% Adheze Y/Z		65% Adheze Y/Z		
		6,9 MPa		7,52 MPa		0 Mpa
II		100% Adheze Y/Z		30% Koheze B		30% Adheze A/B
				70 % Koheze Y		70% Adheze B/Y
		2,81 MPa		4,79 MPa		4,58 MPa

Tabulka 32 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 14 dnů exponování

28. DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		20% Adheze A/B		100% Adheze B/Y		70% Adheze A/B
		80% Adheze Y/Z				30% Adheze B/Y
	5,28 MPa		4,45 MPa		0,25 MPa	
II		70% Adheze A/B		50% Adheze A/B		40% Adheze A/B
		30% Adheze Y/Z		50% Adheze Y/Z		60% Adheze Y/Z
	5,15 MPa		4,92 MPa		4,38 MPa	






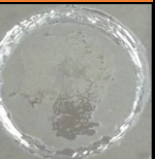
Tabulka 33 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 28 dnů exponování

42 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		100% Adheze Y/Z		20% Koheze B		40% Koheze B
				10% Adheze B/Y		60% Koheze Y
				70% Koheze Y		
	0,55 MPa		5,27 MPa		4,41 MPa	
II		10% Adheze A/B		20% Adheze A/B		20% Adheze A/B
		10% Koheze B		20% Koheze B		30% Koheze B
		20% Adheze B/Y		60% Adheze B/Y		50% Adheze B/Y
		60% Koheze Y				
	2,98 MPa		5 MPa		5,24 MPa	

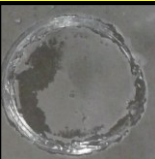




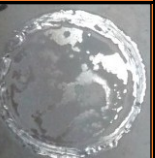
Tabulka 34 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 42 dnů exponování

56 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		90% Adheze A/B		50% Adheze A/B		10% Adheze A/B
		10% Adheze B/Y		50% Adheze B/Y		20% Koheze B
						70% Adheze B/Y
	6,28 MPa		6,33 MPa		7,85 MPa	
II		10% Adheze A/B		10% Koheze B		15% Adheze A/B
		10% Koheze B		90% Koheze Y		10% Koheze B
		80% Adheze B/Y				75% Koheze Y
	7,84 MPa		7,45 MPa		7,02 MPa	

Tabulka 35 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 56 dnů exponování

70 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		40% Adheze A/B		20% Adheze A/B		20% Adheze A/B
		20% Koheze B		30% Koheze B		10% Koheze B
		40% Adheze Y/Z		50% Adheze Y/Z		30% Adheze B/Y
						40% Koheze Y
	5 MPa		3,30 MPa		4,58 MPa	
II		30% Koheze B		30% Koheze B		20% Adheze A/B
		70% Koheze Y		70% Koheze Y		30% Koheze B
						50% Koheze Y
	4,14 MPa		4,13 MPa		4,65 MPa	

Tabulka 36 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 70 dnů exponování

84 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		40% Adheze A/B		70% Adheze A/B		65% Adheze A/B
		50% Koheze B		15% Koheze B		20% Koheze B
		10% Adheze Y/Z		10% Koheze Y		15% Adheze Y/Z
				5% Adheze Y/Z		
	3,33 MPa		5,76 MPa		5,19 MPa	
II		30% Adheze A/B		95% Adheze A/B		30% Adheze A/B
		40% Koheze B		5% Adheze Y/Z		70% Adheze B/Y
		10% Adheze B/Y				
		20% Adheze Y/Z				
	3,65 MPa		0 MPa		6,93 MPa	

Tabulka 37 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 84 dnů exponován

32.3 Sada B (vytvrzení 10 dnů v laboratorních podmínkách)

32.3.1 Neodmaštěné vzorky

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		20% Adheze A/B		20% Adheze A/B		10% Adheze A/B
		80% Adheze Y/Z		20% Koheze B		10% Koheze B
				10% Adheze B/Y		80% Adheze Y/Z
				50% Adheze Y/Z		
	2,88 MPa		3,31 MPa		2,56 Mpa	
II		20% Koheze B		100% Adheze Y/Z		20% Koheze B
		80% Adheze Y/Z				20% Adheze B/Y
						60% Adheze Y/Z
	2,98 MPa		1,85 MPa		2,77 MPa	

Tabulka 38 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 14 dnů exponování

28 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		10% Adheze A/B		10% Adheze A/B		20% Adheze A/B
		40% Koheze B		30% Koheze B		30% Koheze B
		10% Adheze B/Y		10% Adheze B/Y		50% Adheze B/Y
		40% Adheze Y/Z		50% Adheze Y/Z		
	4,81 MPa		5,11 MPa		5,33 Mpa	
II		10% Adheze A/B		30% Koheze B		50% Koheze B
		20% Koheze B		20% Adheze B/Y		20% Adheze B/Y
		10% Adheze B/Y		50% Koheze Y		30% Koheze Y
		60% Adheze Y/Z				
	4,59 MPa		5,97 MPa		5,57 MPa	

Tabulka 39 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 28 dnů exponování

42 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		30% Adheze A/B		10% Adheze A/B		35% Adheze A/B
		40% Koheze B		20% Koheze B		35% Koheze B
		30% Adheze B/Y		70% Adheze B/Y		30% Adheze B/Y
	5,08 MPa		4,91 MPa		4,68 Mpa	
II		20% Adheze A/B		40% Adheze A/B		100% Adheze A/B
		40% Koheze B		40% Koheze B		
		40% Adheze B/Y		20% Adheze B/Y		
	5,43 MPa		6,29 MPa		0 MPa	

Tabulka 40 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 42 dnů exponování

56 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		50% Koheze B		40% Koheze B		40% Koheze B
		50% Adheze B/Y		60% Adheze B/Y		60% Adheze B/Y
		4,02 MPa		6,15 MPa		6,32 MPa
II		35% Adheze A/B		90% Adheze A/B		40% Adheze A/B
		35% Koheze B		5% Koheze B		40% Koheze B
		30% Adheze B/Y		5% Adheze B/Y		20% Adheze B/Y
		5,58 MPa		0 MPa		6,15 MPa

Tabulka 41 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 56 dnů exponování

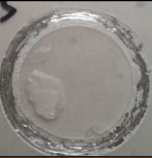


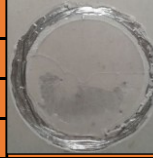
70 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		20% Adheze A/B		20% Adheze A/B		40% Koheze B
		50% Koheze B		60% Koheze B		60% Adheze B/Y
		30% Adheze Y/Z		20% Adheze Y/Z		
		5,61 MPa		6,67 MPa		5,70 MPa
II		20% Adheze A/B		35% Adheze A/B		30% Koheze B
		15% Koheze B		35% Koheze B		30% Adheze B/Y
		65% Adheze B/Y		30% Adheze Y/Z		40% Adheze Y/Z
		5,72 MPa		5,56 MPa		5,9 MPa

Tabulka 42 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 70 dnů exponování



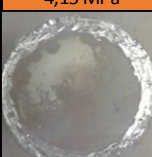

84 DNÍ EXPONOVÁNÍ NEODMAŠTENO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		70% Adheze A/B		70% Adheze A/B		40% Koheze B
		30% Adheze Y/Z		10% Koheze B		60% Koheze Y
				20% Adheze Y/Z		
		5,21 MPa		5,45 MPa		5,8 MPa
II		60% Adheze A/B		40% Koheze B		5% Adheze A/B
		15% Koheze B		30% Adheze B/Y		45% Koheze B
		15% Adheze B/Y		30% Adheze Y/Z		50% Adheze B/Y
		10% Adheze Y/z				
		5,81 MPa		5,92 MPa		6,14 MPa

Tabulka 43 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 84 dnů exponování



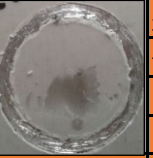
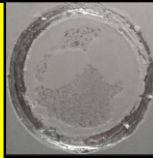

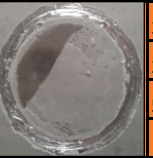
32.3.2 Odmaštěné vzorky

14 DNÍ EXPONOVÁNÍ ODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		100% Adheze Y/Z		25% Adheze B/Y		100% Adheze Y/Z
				75% Adheze Y/Z		
		2,38 MPa		2,37 MPa		3,03 MPa
II		20% Adheze B/Y		100% Y/Z		30% Koheze B
		80% Adheze Y/Z				20% Adheze B/Y
						50% Adheze Y/Z
		2,89 MPa		2,40 MPa		3,52 MPa







Tabulka 44 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 14 dnů exponování

28 DNÍ EXPONOVÁNÍ ODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		40% Koheze B		20% Adheze A/B		30% Koheze B
		30% Adheze B/Y		30% Koheze B		40% Adheze B/Y
		30% Adheze Y/Z		40% Adheze B/Y		30% Adheze Y/Z
				10% Adheze Y/Z		
		5,15 MPa		4,15 MPa		4,45 MPa
II		20% Adheze A/B		30% Adheze A/B		10% Adheze A/B
		20% Koheze B		10% Koheze B		50% Koheze B
		30% Adheze B/Y		60% Adheze B/Y		40% Adheze Y/Z
		30% Adheze Y/Z				
		4,23 MPa		5,41 MPa		5,67 MPa







Tabulka 45 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 28 dnů exponování

42 DNÍ EXPONOVÁNÍ ODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		60% Koheze B		10% Adheze A/B		30% Koheze B
		40% Adheze B/Y		30% Koheze B		70% Adheze B/Y
				60% Adheze B/Y		
		6,28 MPa		4,36 MPa		4,04 MPa
II		50% Koheze B		50% Koheze B		30% Adheze A/B
		50% Koheze Y		20% Adheze B/Y		20% Koheze B
				30% Koheze Y		50% Adheze B/Y
		6,05 MPa		6,33 MPa		3,77 MPa


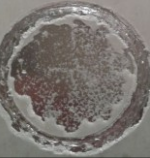




Tabulka 46 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 42 dnů exponování

56 DNÍ EXPONOVÁNÍ ODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		5% Adheze A/B		50% Adheze A/B		15% Adheze A/B
		40% Koheze B		30% Koheze B		30% Koheze B
		55% Adheze B/Y		20% Adheze Y/Z		55% Adheze B/Y
		6,67 MPa		4,74 MPa		6,28 MPa
II		50% Koheze B		35% Koheze B		45% Koheze B
		50% Koheze Y		45% Adheze B/Y		55% Adheze B/Y
				20% Adheze Y/Z		
		5,76 MPa		5,93 MPa		5,62 MPa

Tabulka 47 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 56 dnů exponování

70 DNÍ EXPONOVÁNÍ ODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		50% Adheze A/B		40% Koheze B		20% Adheze A/B
		35% Koheze B		60% Adheze Y/Z		30% Koheze B
		15% Adheze B/Y				50% Koheze Y
		5,46 MPa		5,76 MPa		6,15 MPa
II		10% Adheze A/B		40% Koheze B		15% Adheze A/B
		40% Koheze B		60% Adheze B/Y		35% Koheze B
		50% Koheze Y				50% Adheze Y/Z
		5,62 MPa		4,91 MPa		5,98 MPa

Tabulka 48 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 70 dnů exponování

84 DNÍ EXPONOVÁNÍ ODMAŠTĚNO						
Odtrh Vzorek	I		II		III	
I		80% Adheze A/B		50% Adheze A/B		45% Koheze B
		20% Koheze B		20% Koheze B		55% Koheze Y
				30% Adheze B/Y		
		5,64 MPa		5,43 MPa		5,58 MPa
II		60% Adheze A/B		10% Adheze A/B		15% Adheze A/B
		20% Koheze B		40% Koheze B		10% Koheze B
		20% Adheze B/Y		50% Koheze Y		40% Adheze B/Y
						35% Koheze Y
		5,7 MPa		5,50 MPa		6,02 MPa

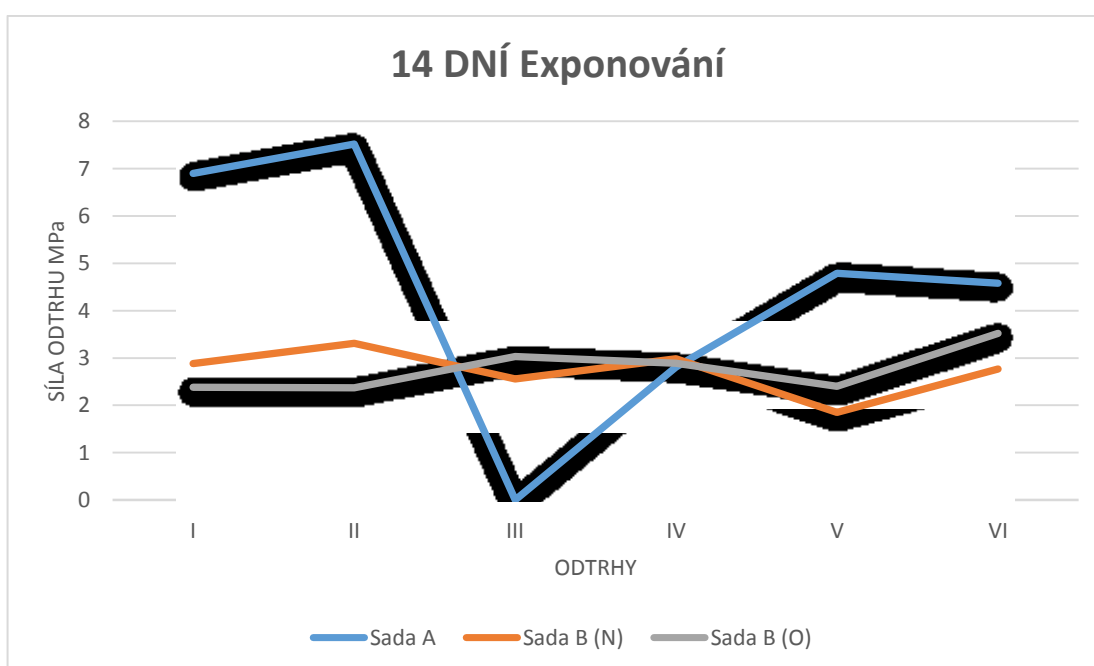
Tabulka 49 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 84 dnů exponování

33. PRŮBEH PŘILNAVOSTI

33.1 Průběžné hodnocení přilnavosti po 14 dnech exponování

14 Dní EXPONOVÁNÍ	I	II	III	IV	V	VI
Sada A (N)	6,9	7,52	0	2,81	4,79	4,58
Sada B (N)	2,88	3,31	2,56	2,98	1,85	2,77
Sada B (O)	2,38	2,37	3,03	2,89	2,4	3,52

Tabulka 50 Průběh adhezních sil sad A, B po 14 dnech exponování

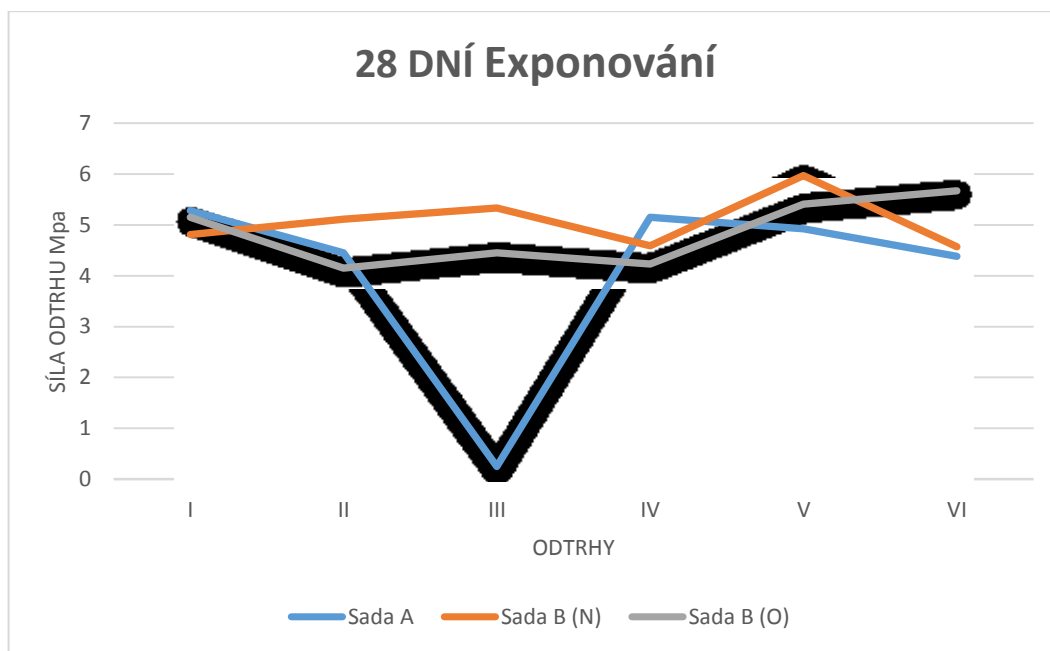


Graf 1 Průběh adhezních sil sad A, B 14 dnů exponování

33.2 Průběžné hodnocení přilnavosti po 28 dnech exponování

28 Dní EXPONOVÁNÍ	I	II	III	IV	V	VI
Sada A (N)	5,28	4,45	0,25	5,15	4,92	4,38
Sada B (N)	4,81	5,11	5,33	4,59	5,97	4,57
Sada B (O)	5,15	4,15	4,45	4,23	5,41	5,67

Tabulka 51 Průběh adhezních sil sad A, B po 28 dnech exponování

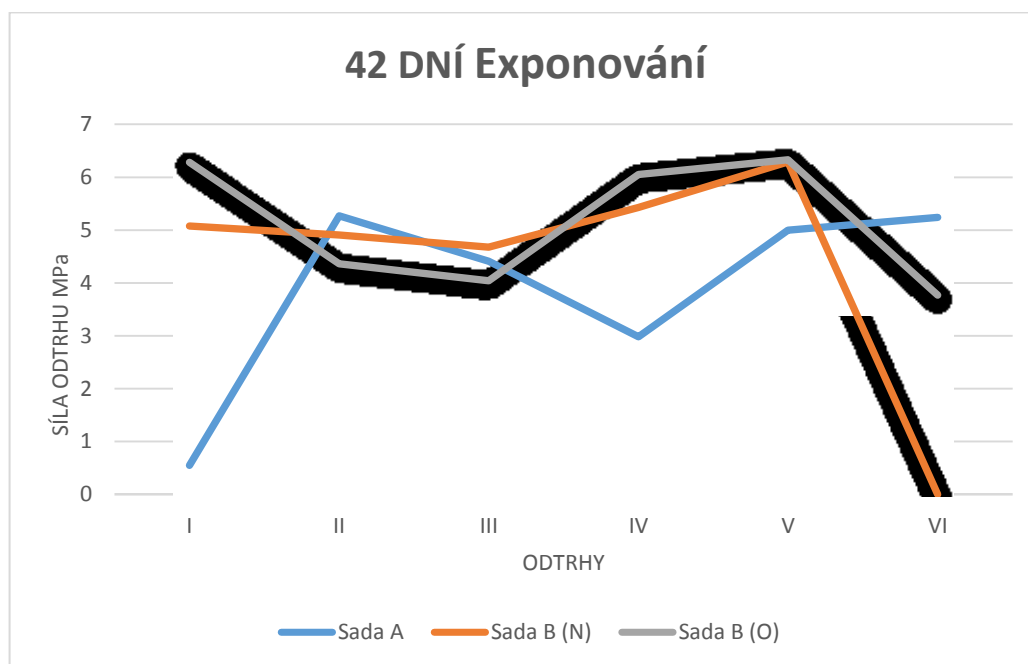


Graf 2 Průběh adhezních sil sad A, B 28 dnů exponování

33.3 Průběžné hodnocení přilnavosti po 42 dnech exponování

42 Dní EXPONOVÁNÍ	I	II	III	IV	V	VI
Sada A (N)	0,55	5,27	4,41	2,98	5	5,24
Sada B (N)	5,08	4,91	4,68	5,43	6,29	0
Sada B (O)	6,28	4,36	4,04	6,05	6,33	3,77

Tabulka 52 Průběh adhezních sil sad A, B po 42 dnech exponování

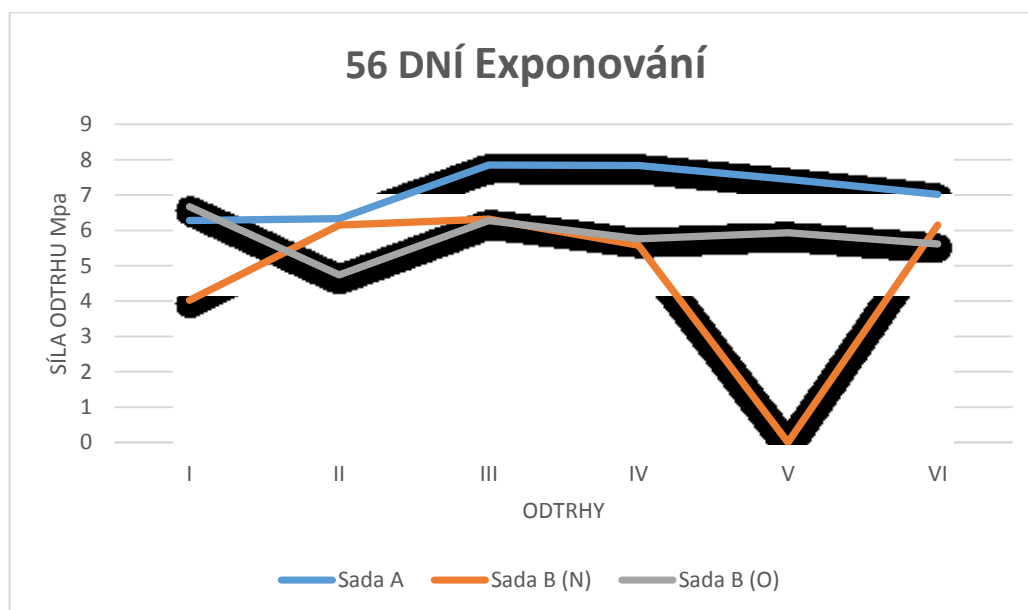


Graf 3 Průběh adhezních sil sad A, B 42 dnů exponování

33.4 Průběžné hodnocení přilnavosti po 56 dnech exponování

56 Dní EXPONOVÁNÍ	I	II	III	IV	V	VI
Sada A (N)	6,28	6,33	7,85	7,84	7,45	7,02
Sada B (N)	4,02	6,15	6,32	5,58	0	6,15
Sada B (O)	6,67	4,74	6,28	5,76	5,93	5,62

Tabulka 53 Průběh adhezních sil sad A, B po 56 dnech exponování

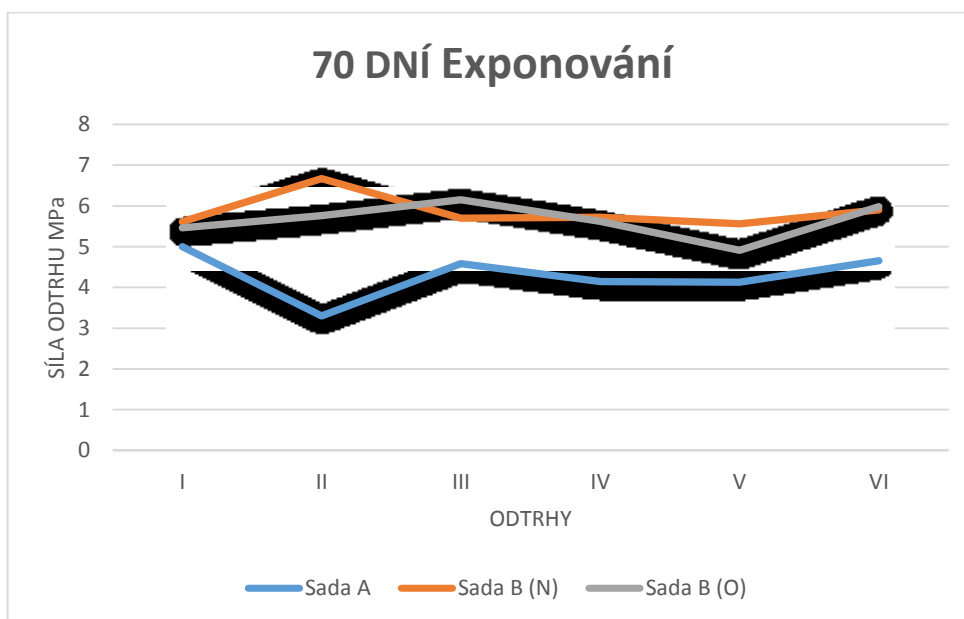


Graf 4 Průběh adhezních sil sad A, B 56 dnů exponování

33.5 Průběžné hodnocení přilnavosti po 70 dnech exponování

70 Dní EXPONOVÁNÍ	I	II	III	IV	V	VI
Sada A (N)	5	3,3	4,58	4,14	4,13	4,65
Sada B (N)	5,61	6,67	5,7	5,72	5,56	5,9
Sada B (O)	5,46	5,76	6,15	5,62	4,91	5,98

Tabulka 54 Průběh adhezních sil sad A, B po 70 dnech exponování

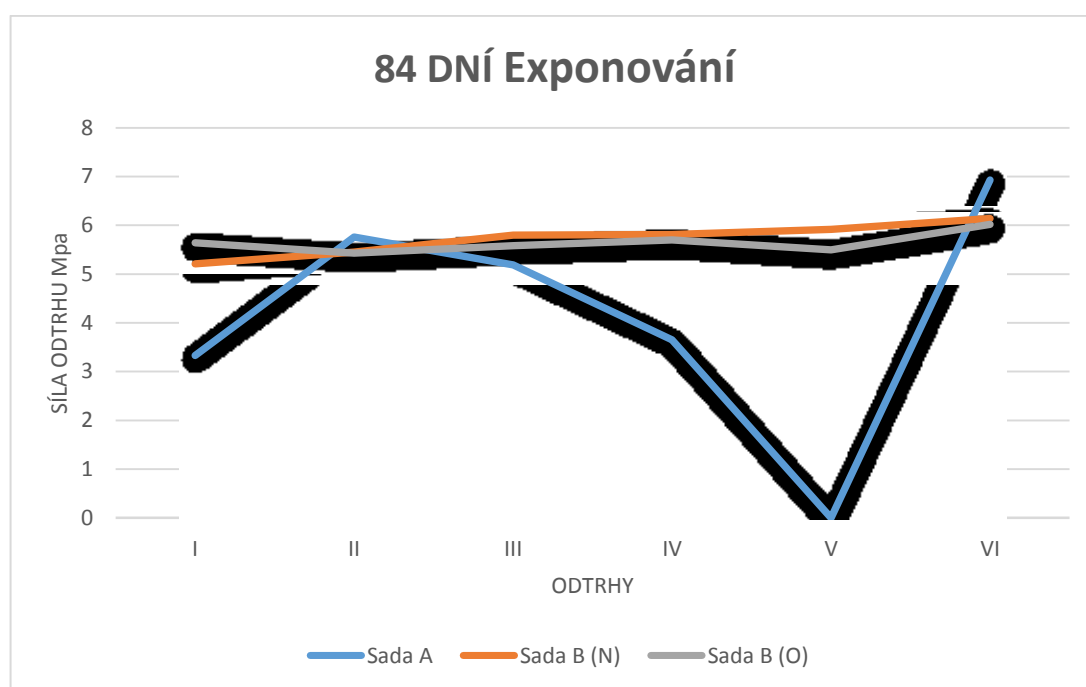


Graf 5 Průběh adhezních sil sad A, B 70 dnů exponování

33.6 Průběžné hodnocení přilnavosti po 84 dnech exponování

84 Dní EXPONOVÁNÍ	I	II	III	IV	V	VI
Sada A (N)	3,33	5,76	5,19	3,65	0	6,93
Sada B (N)	5,21	5,45	5,8	5,81	5,92	6,14
Sada B (O)	5,64	5,43	5,58	5,70	5,50	6,02

Tabulka 55 Průběh adhezních sil sad A, B po 84 dnech exponování

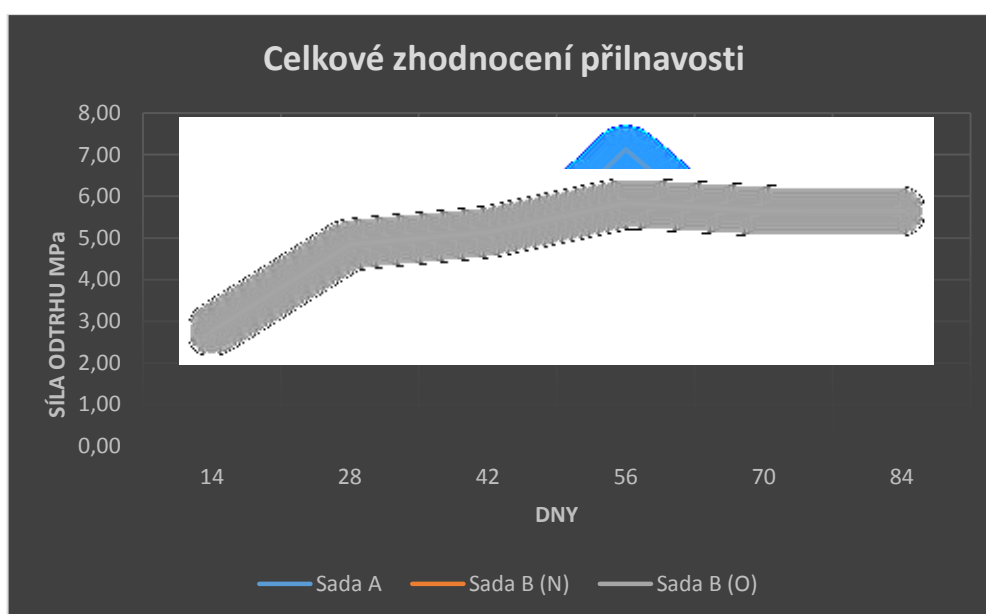


Graf 6 Průběh adhezních sil sad A, B 84 dnů exponování

33.7 Celkové zhodnocení přilnavosti

Doba exponování	Sada A (N)	Sada B (N)	Sada B (O)
14	4,43	2,73	2,77
28	4,07	5,06	4,84
42	3,91	5,28	5,14
56	7,13	5,64	5,83
70	4,30	5,86	5,65
84	4,14	5,72	5,65

Tabulka 56 Celkový průběh adhezních sil sad A,B po 14-84 dnech exponování




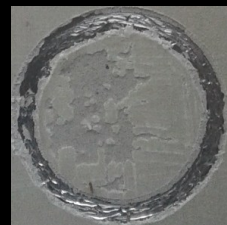
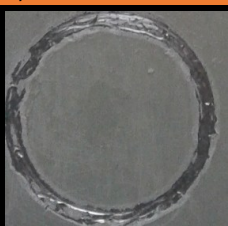
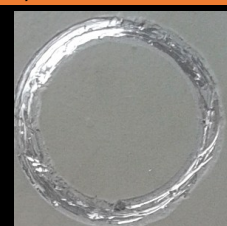

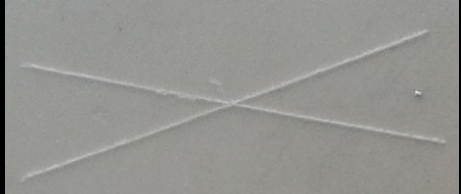


Graf 7 Celkový průběh adhezních sil

U průběhu přilnavosti dle ČSN EN ISO 1627-1 v jednotlivých dnech expozice je viditelná rozdílná stálost Sad A a B. Je zřejmé, že sada A je oproti sadě B nestálá. Sada A má viditelně horší vizuální vzhled a v průběhu expozice zde probíhaly chemické reakce, které přispěly ke zhoršené a nestálé adhezi nanopovlaku. Tato poškození mohla být zapříčiněna reakcí nevytvrzeného povlaku, kde zřejmě díky difundaci vody a vodíku vznikly puchýřky. Sada B, která byla ponechána 10 dní v laboratorních podmínkách díky tomu byla zřejmě adhezně stálá a síly odtrhu dosahovaly velmi dobrých hodnot. Povrch sady B byl bez puchýřku, bez známek odlupování.


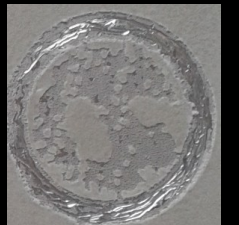
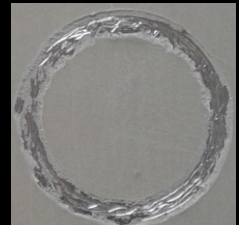



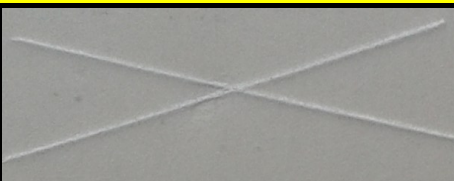
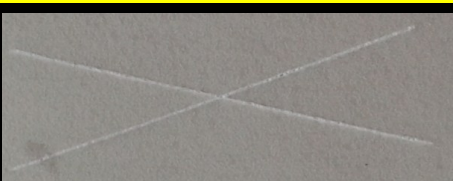
34. SADA (C) VYTVRZENÁ V PECI

34.1 14 dní exponování

14 dní exponování					
Název sady	Sada C				
Označení vzorku		1. P. O I		1. P. N. I	
Odtrh	I		100% Adheze Y/Z		40% Adheze A/B 20% Koheze Y 40% Adheze Y/Z
		1,87 MPa		2,35 MPa	
	II		90% Koheze B 10% Koheze Y		40% Koheze B 60% Koheze Y
		2,24 MPa		2,67 MPa	
	III		100% Koheze B		100% Adheze Y/Z
		1,48 MPa		1,79 MPa	
Křížový řez	STUPEŇ KLASIFIKACE				
	I	0		0	
	II	0		0	
	III	0		0	
	UKÁZKA JEDNO KŘÍŽOVÉHO ŘEZU				
					

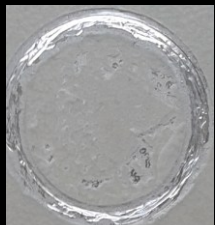

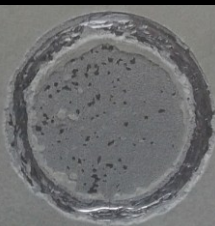
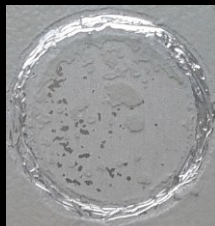

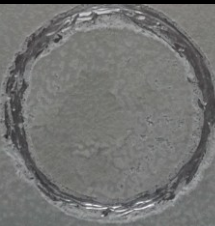
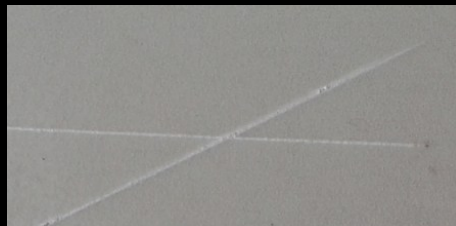
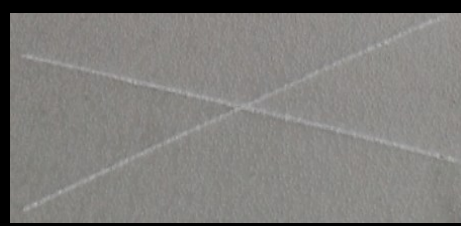
Tabulka 57 Sada C přehled adhezních lomu a křížového řezu po 14 dnech exponování

34.2 28 dní exponování

28 dní exponování					
Název sady	Sada C				
Označení vzorku		2. P. O I		2. P. N. I	
Odtrh	I		5% Koheze B 30% Koheze Y 65% Adheze Y/Z		50% Koheze B 50% Koheze Y
		2,45 MPa		2,44 MPa	
	II		100% Adheze Y/Z		70% Koheze B 30 % Koheze Y
		0,25 MPa		2,5 MPa	
	III		100% Adheze Y/Z		100% Adheze Y/Z
		1,88 MPa		1,63 MPa	
Křížový řez	STUPEŇ KLASIFIKACE				
	I	0		0	
	II	0		0	
	III	0		0	
	UKÁZKA JEDNO KŘÍŽOVÉHO ŘEZU				
					

Tabulka 58 Sada C přehled adhezních lomu a křížového řezu po 28 dnech exponování

34.3 42 dní exponování

42 dní exponování					
Název sady	Sada C				
Označení vzorku		3. P. O I		3. P. N. I	
Odtrh	I		90% Koheze B 10% Adheze A/B		40% Koheze B 60% adheze B/Y
		1,75 MPa		1,9 MPa	
	II		100% Koheze B		80% Koheze B 20% koheze Y
		2,15 MPa		2,46 MPa	
	III		50% koheze B 50% Adheze Y/Z		100% koheze B
		1,49 MPa		2,26 MPa	
Křížový řez	STUPEŇ KLASIFIKACE				
	I	0		0	
	II	0		0	
	III	0		0	
	UKÁZKA JEDNO KŘÍŽOVÉHO ŘEZU				
					

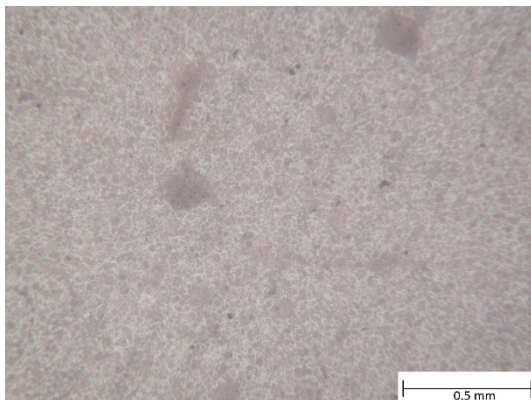
Tabulka 59 Sada C přehled adhezních lomu a křížového řezu po 42 dnech exponování

	
Krupičkový povrch	Trhliny v nátěru

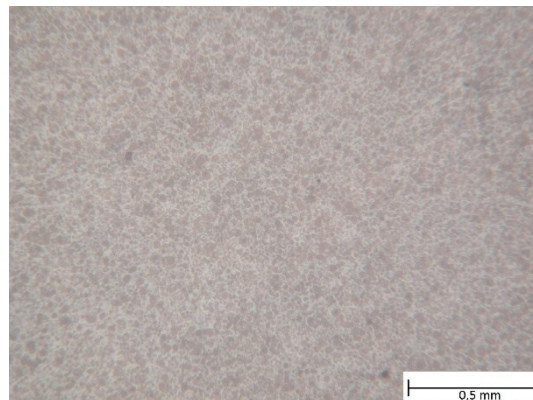
Tabulka 60 Degradace povrchu

U sady C byl dodržen technologický postup aplikace nátěru. U této sady po aplikaci a následném sušení v peci vznikl krupičkový povrch s puchýřky. Sušení a zrychlená difuze vody spolu s chemickými reakcemi hliníku se zásaditým pH roztokem, ve formě difuze vodíku, které zřejmě způsobily tento nežádoucí povrch a byly příčinou vzniku trhlin, které vznikly potrháním nátěrového filmu a prostoupily až na základní materiál. Adhezní vlastnosti zkoušené dle ČSN EN 1628-1 byly oproti sadám A, B velice neuspokojivé. U většiny lomů se jednalo o Kohezní lom B, tudíž lom v nátěru.

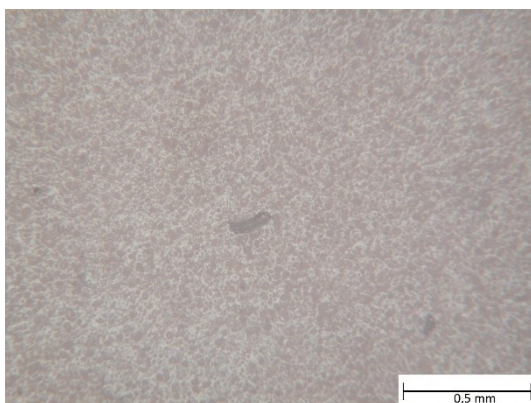
35. METALOGRAFICKÉ VZORKY



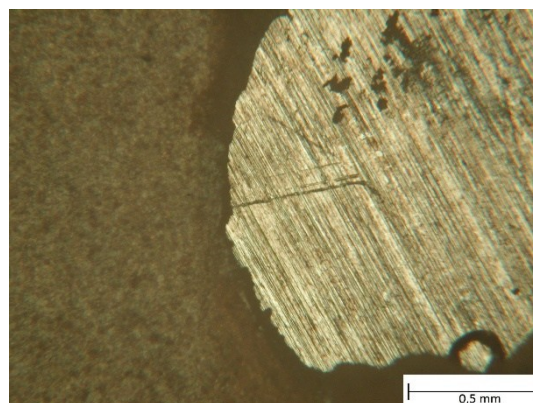
*Obrázek. 30 Mikrostruktura 14 dní
exponování SADA A(N) zvětšeno 50x*



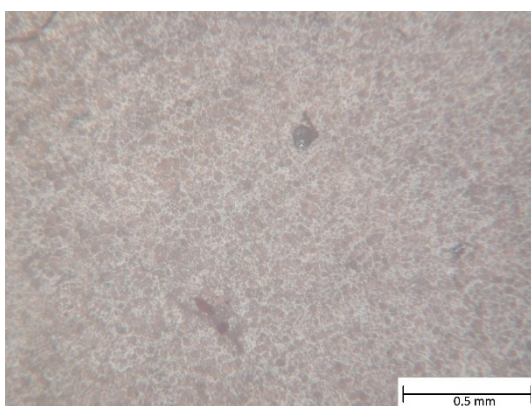
*Obrázek 31 Mikrostruktura 28 dní
exponování SADA A(N) zvětšeno 50x*



*Obrázek 32 Mikrostruktura 42 dní
exponování SADA A(N) zvětšeno 50x*



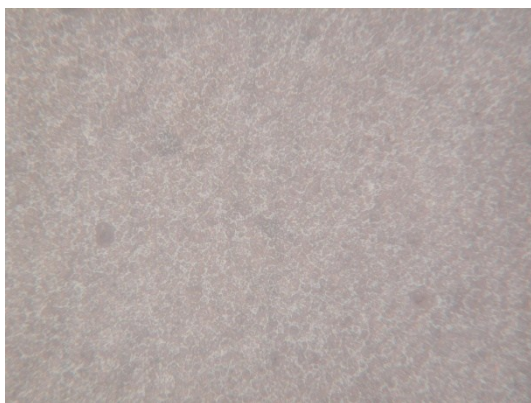
*Obrázek 33 Mikrostruktura 42
dní exponování SADA A(N) polarizováno
zvětšeno 50x*



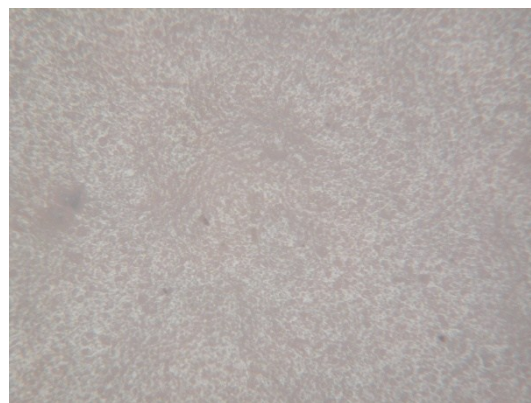
*Obrázek 34 Mikrostruktura 56 dní
exponování SADA A(N) zvětšeno 50x*



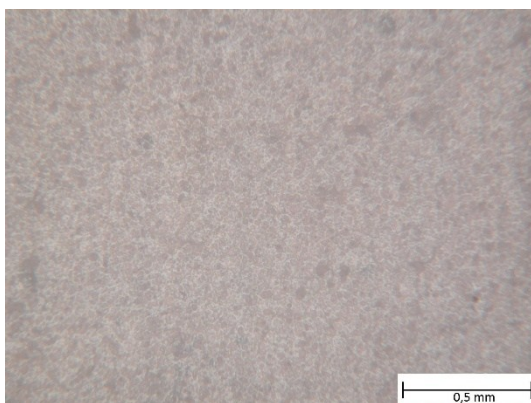
*Obrázek 35 Mikrostruktura 56 dní
exponování SADA A(N) polarizováno
zvětšeno 50x*



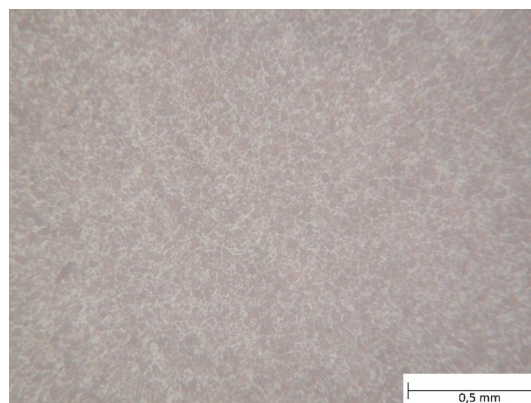
*Obrázek 36 Mikrostruktura 70 dní
exponování SADA A(N) zvětšeno 50x*



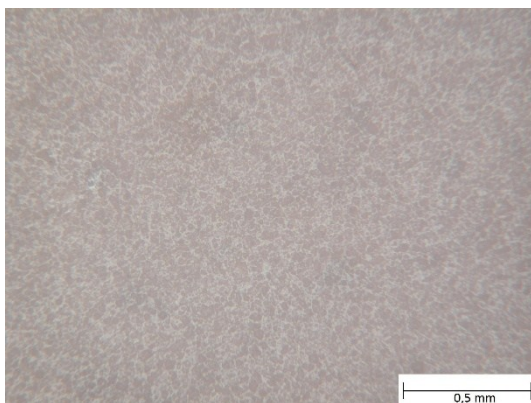
*Obrázek 37 Mikrostruktura 84 dní
exponování SADA A(N) zvětšeno 50x*



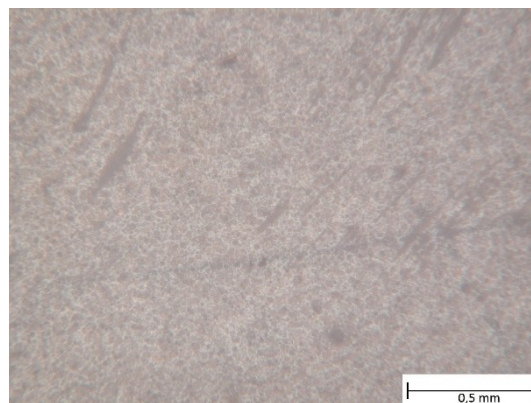
*Obrázek 38 Mikrostruktura 14 dní
exponování SADA B(O) zvětšeno 50x*



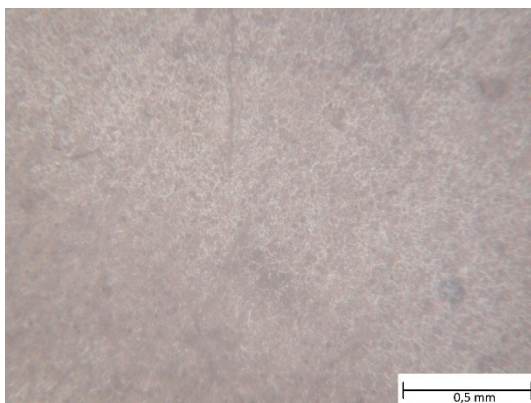
*Obrázek 39 Mikrostruktura 14 dní
exponování SADA B(N) zvětšeno 50x*



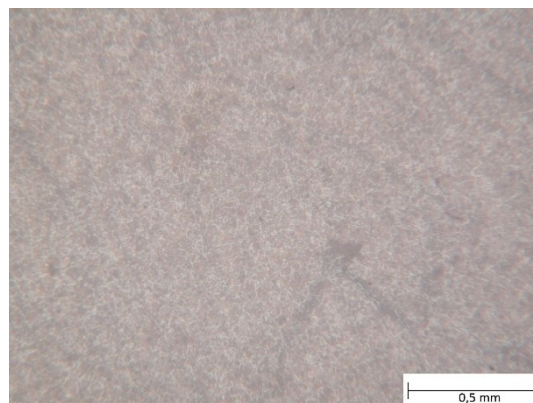
*Obrázek 40 Mikrostruktura 28 dní
exponování SADA B(O) zvětšeno 50x*



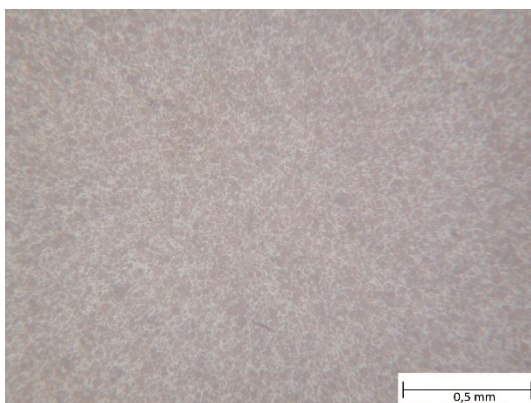
*Obrázek 41 Mikrostruktura 28 dní
exponování SADA B(N) zvětšeno 50x*



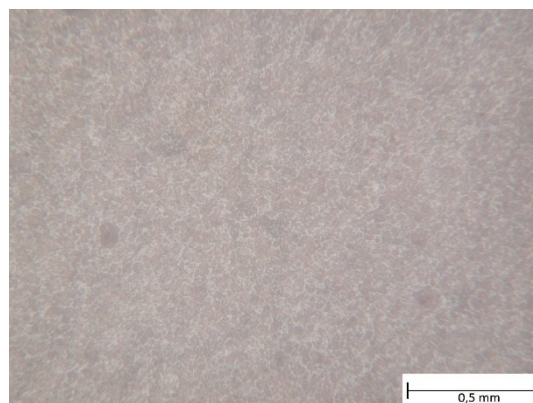
*Obrázek 42 Mikrostruktura 42 dní
exponování SADA B(O) zvětšeno 50x*



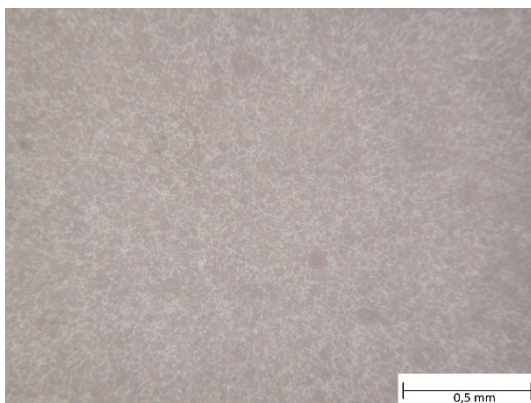
*Obrázek 43 Mikrostruktura 42 dní
exponování SADA B(N) zvětšeno 50x*



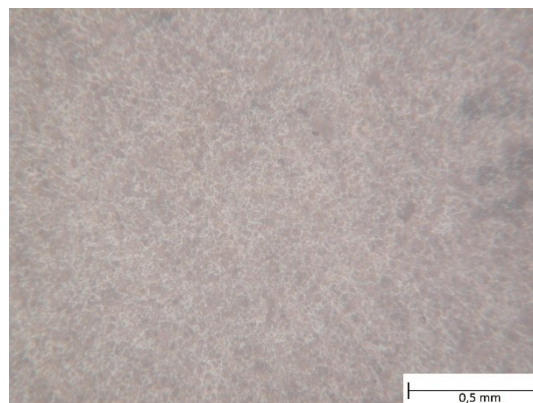
*Obrázek 44 Mikrostruktura 56 dní
exponování SADA B(O) zvětšeno 50x*



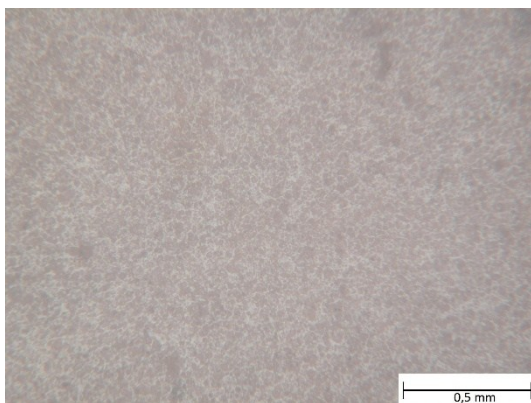
*Obrázek 45 Mikrostruktura 56 dní
exponování SADA B(N) zvětšeno 50x*



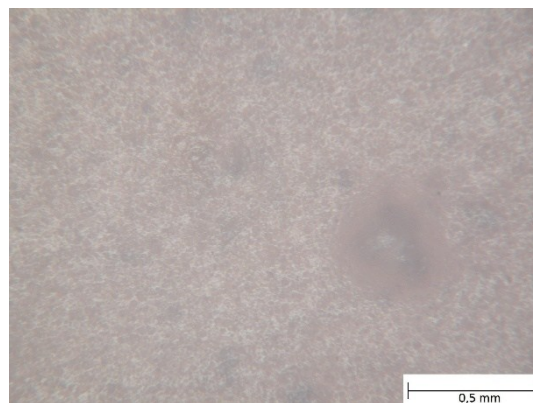
*Obrázek 46 Mikrostruktura 70 dní
exponování SADA B(O) zvětšeno 50x*



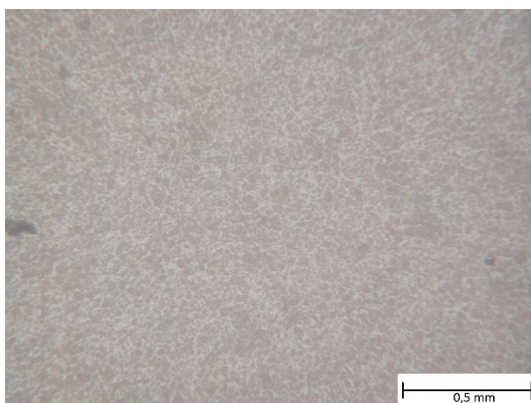
*Obrázek 47 Mikrostruktura 70 dní
exponování SADA B(N) zvětšeno 50x*



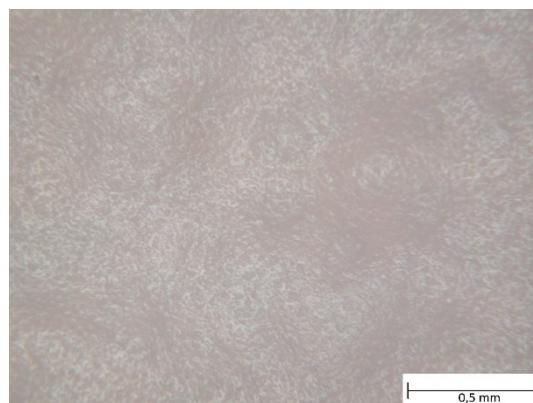
*Obrázek 48 Mikrostruktura 84 dní
exponování SADA B(O) zvětšeno 50x*



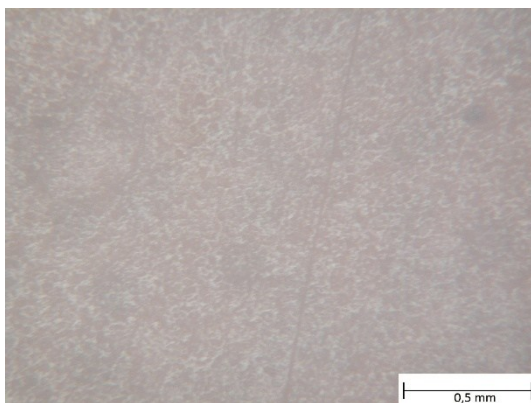
*Obrázek 49 Mikrostruktura 84 dní
exponování SADA B(N) zvětšeno 50x*



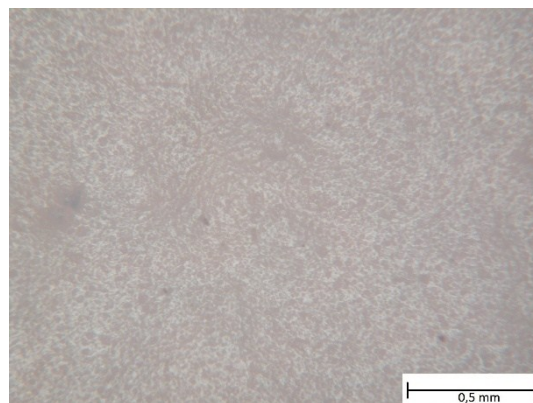
*Obrázek 50 Mikrostruktura 14 dní
exponování SADA C(O) zvětšeno 50x*



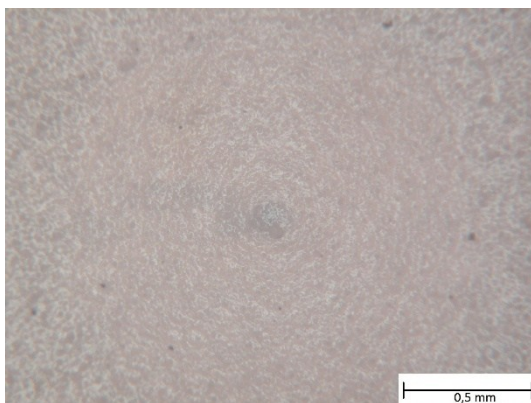
*Obrázek 51 Mikrostruktura 14 dní
exponování SADA C(N) zvětšeno 50x*



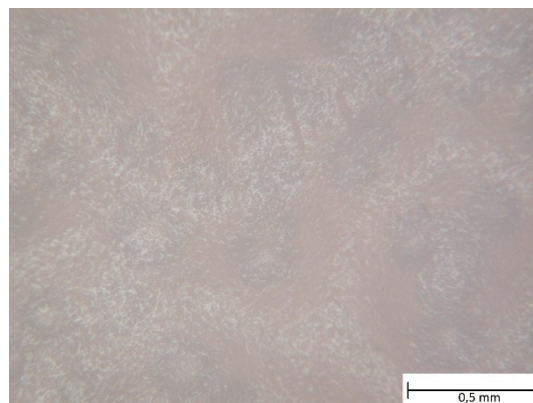
*Obrázek 52 Mikrostruktura 28 dní
exponování SADA C(O) zvětšeno 50x*



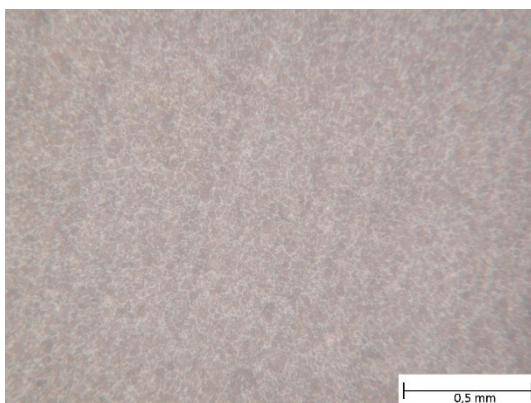
*Obrázek 53 Mikrostruktura 28 dní
exponování SADA C(N) zvětšeno 50x*



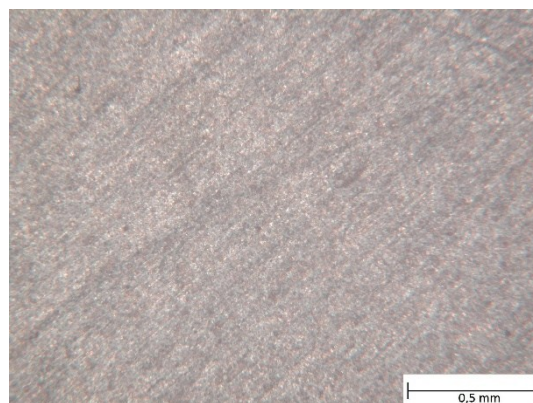
*Obrázek 54 Mikrostruktura 42 dní
exponování SADA C(O) zvětšeno 50x*



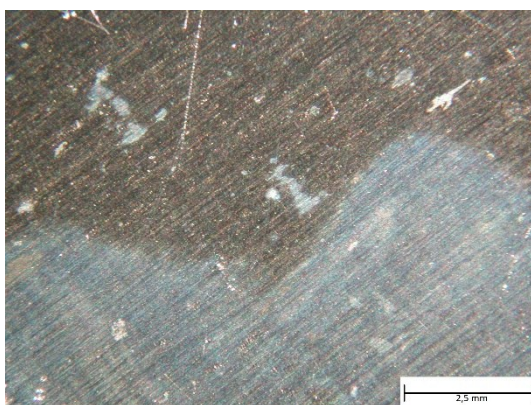
*Obrázek 55 Mikrostruktura 42 dní
exponování SADA C(N) zvětšeno 50x*



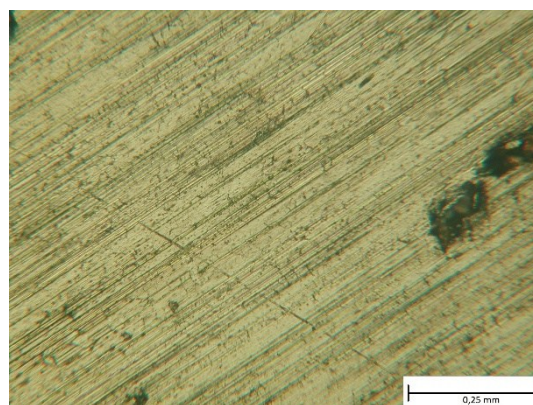
*Obrázek 56 Referenční vzorek odmaštěný
zvětšeno 50x*



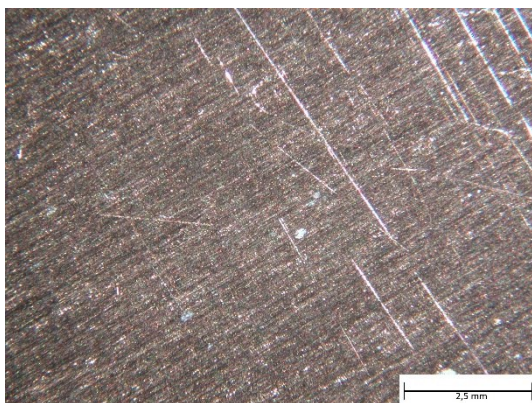
*Obrázek 57 Referenční vzorek
neodmaštěný zvětšeno 50x*



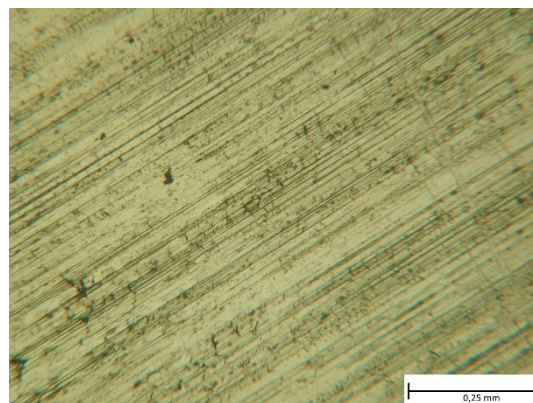
*Obrázek 58 Hliníkový substrát
neodmaštěn zvětšeno 10x*



*Obrázek 59 Hliníkový substrát
neodmaštěn zvětšení 100x*



*Obrázek 60 Hliníkový substrát odmaštěn
zvětšeno 10x*



*Obrázek 61 Hliníkový substrát odmaštěn
zvětšení 100x*

36. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjištění antikorozních vlastností nanopovlaku aplikovaného na hliníkový substrát. Nanopovlak Novax VD není primárně vyvinut pro povrchovou ochranu hliníku. Z předešlých laboratorních výsledků, které ve zjistily velice dobré vlastnosti tohoto povlaku s hliníkem, jsem tyto vlastnosti a chování povlaku proto testoval v polních podmínkách. Testovaly se 3 sady vzorků, z čehož každá sada obsahovala vzorky chemicky očištěné i neočištěné. Nanopovlak Novax VD byl nanesen na každou sadu jiným technologickým postupem. Po ukončení expozice jednotlivých vzorků byly patřičně zkoumány v laboratoři dle patřičných ČSN destruktivní a nedestruktivní zkoušky. Ve výsledku hodnocení obstála pouze sada B, která zřejmě díky delšímu ponechání v laboratoři získala velmi dobré povrchové i adhezní vlastnosti. Za celou dobu působení exponování v polních podmínkách nebyla zjištěna jediná povrchová vada puchýřky nebo odlupování nanopovlaku. Sady A a C nevyhověly testování díky nestálosti nátěru, kdy se na povrchu již po 14 dnech tvořily puchýřky, trhliny a nátěr se odlupoval nebo se zcela oddělil od hliníkového substrátu. Adheze u těchto sad byla velice nestálá, dokonce u některých vzorků byly hodnoty téměř nulové.

Příčinou nežádoucích degradací u těchto sad mohla být rychlá difúze vody z nátěru při sušení v peci při relativně vysoké teplotě za krátký čas, nebo krátká doba ponechaná v laboratorních podmínkách, díky kterým neproběhlo pozvolné vyprchání chemických reakcí, které vznikají mezi nátěrem a substrátem. Ke zhoršené přilnavosti a vizuálnímu vzhledu mohla přispět také difúze vodíku, který se vytváří při reakci zásaditého roztoku s hliníkem. Difúze vody spolu s difúzi vodíku a následným rychlým vystavením hliníkových vzorků polním podmínkám je nejpravděpodobnější příčinou proč byl, nátěr u sad A a C nevyhovující. Díky těmto výsledkům bych také změnil aplikační technologický postup pro hliníkové substráty a upravil ho dle aplikace, jaký byl použit u sady B, tedy aplikovat nanolak Novax VD na hliníkový substrát bez předehřevu podkladového materiálu. Následné pozvolné desetidenní sušení a vytvrzování při laboratorních teplotách tj. 23° C. Tímto technologickým postupem bylo dosaženo stálého nátěrového systému, který nevykazoval žádných degradačních vad v průběhu exponování v atmosférických podmínkách.

37. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] PODJUKLOVÁ, Jitka. *Speciální technologie povrchových úprav I*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1994. 76 s. ISBN 80-7078-235-8.
- [3] KRAUS, V. *Povrchy a jejich úpravy* [online]. [cit. 2017-04-12]. URL:<<http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>>.
- [4] ČERNÝ ,M. A KOLEKTIV, *Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů*, 1. vydání, Praha SNTL, 1984, 264 s, DT 620.193:669.018.
- [5] URBAN.J, *Integrita povrchu* [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< https://www.opi.zcu.cz/download/Integrita_Urban1.pdf>
- [6] BUMBÁLEK.B, *Integrita povrchu a její význam pro posouzení vhodnosti dané plochy pro její funkci* [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2512_Bumbalek.pdf>
- [7] KPS. *Povrchy povlaků-mikrogeometrie* [online]. [cit. 2017-04-12] URL:<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf>
- [8] PUBLI. *Nanášení nátěrových hmot stříkáním* [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< <https://publi.cz/books/172/09.html>>
- [9] MICHNA.Š. a spol. *Encyklopedie hliníku*. Vyd. Adin, s.r.o Prešov 2005. 722s. ISBN 80-89041-88-4
- [10] FELD.M, *Kovové povlaky*. [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< <http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/ETP/kpovlaky.pdf>>
- [11] VÉNOS.J, *Studium vlivu odmašťovacího prostředku na čistotu kovového substrátu* : bakalářská práce. Ostrava: VŠB-TUO, Fakulta strojní 2015. 57s
- [12] ASTRONOM. *Eloxování hliníku*. [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< <http://www.astronom.cz/procyon/chemistry/elox.html>>
- [13] STUDIUMCHEMIE, *Amforerní vlastnosti hliníku*. [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< <http://www.studiumchemie.cz/pokus.php?id=173>>
- [14] ELCOMETR, *Odtrhoměr Elcometr 506* [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< <https://www.elcometer.cz/elcometer-506/>>
- [15] GAMIN, *Šablona pro mřížkovou zkoušku SP 3000* [online]. [cit. 2017-04-12] URL:< <https://www.gamin.cz/sp-3000/>>
- [16] GO-ARALDITE, *Araldite standard 2x15ml*. [online]. [cit. 2017-04-12]

- URL:< <http://www.go-araldite.com/products/epoxy-adhesives/araldite-standard-2-x-15ml-tube>>
- [17] PROINEX, *Arcotest*. [online]. [cit. 2017-04-12].
URL:< <http://www.proinex.cz/cs/61-arcotest-fixy-a-inkousty.html>>
- [18] SIMPLE GREEN, *Odmašťovací prostředky* [online]. [cit. 2017-04-12].
URL:< <http://simplegreen.cz/blog/2016/04/09/simple-green-extreme-aviation/>>.
- [19] Patent číslo: 304190 - Způsob aplikace vodou ředitelného transparentního laku na hutní výrobek
- [20] IN-POČASÍ, Archiv počasí, klima v České republicy [online]. [cit. 2017-04-12].
URL:< <http://www.in-pocasi.cz/archiv/>>
- [21] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [22] ČSN EN ISO 4628-2. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěr - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu - Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování* Praha, Český normalizační institut, 2004.
- [23] ČSN EN ISO 4628-5. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěr - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu - Část 5: Hodnocení stupně odlupování* Praha, Český normalizační institut, 2004.
- [24] ČSN EN ISO 16276-1. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 1: Odtrhová zkouška*, Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [25] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*, Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [26] ČSN EN ISO 9223. *Koroze kovů a slitin. Korozivní agresivita atmosfér. Klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 1992.
- [27] SVOBODOVÁ, J. *Analytické metody. Nanotechnologie*. Metodická příručka, Centrum pro studium vysokého školství, Praha, 2015, 21 s.
ISBN 978-80-86302-72-0.
- [28] KUDLÁČEK, Ivan. *Degradační procesy I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1994. ISBN 80-01-01098-8.
- [29] ALFUN, *Vlastnosti hliníkového substrátu* [online]. [cit. 2017-04-12].
URL:< <http://www.alfun.cz/plechy-a-pasy>>

38. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek. 1 Princip otryskávání.....	13
Obrázek. 2 Leštící kotouče	14
Obrázek. 3 Schéma mastnot na povrchu kovu.....	15
Obrázek. 4 Odmašťovací vana.....	16
Obrázek. 5 Rozpouštění kovu v místě ponoru	17
Obrázek 6 Schéma geometrie povrchu	20
Obrázek.7 Tloušťky vrstev nátěru	26
Obrázek.8 Průběh bodové koroze	27
Obrázek 9 Princip mezikrystalické koroze	27
Obrázek. 10 Druhy moření hliníku	28
Obrázek. 11 Princip eloxování hliníku	29
Obrázek 12 Měřič drsnosti MYTUTOYO SJ 301	34
Obrázek. 13 Světelný mikroskop Neophot 2	34
Obrázek. 14 Měřič teploty a pH.....	35
Obrázek. 15 Stříkací pistole se zásobníkem	36
Obrázek 16 Měrka pro měření mokré tloušťky nátěru	37
Obrázek. 17 Odrhový přístroj Elcometr 506	38
Obrázek. 18 Dvousložkové epoxidové lepidlo	39
Obrázek. 19 Inkoustová sada pro Arcotest	40
Obrázek. 20 Hliníkový substrát	41
Obrázek. 21 Odmašťovací prostředek Simplegreen Extreme.....	42
Obrázek 22 Průběh teplot v měsíci Prosinec	44
Obrázek 23 Průběh teplot v měsíci Leden	44
Obrázek 24 Průběh teplot v měsíci Únor.....	45
Obrázek. 25 Průběh teplot v měsíci Březen.....	45
Obrázek 26 Měření mokré tloušťky nátěru.....	47
Obrázek. 27 Princip adhezní zkoušky.....	49
Obrázek 28 Přehled lomu v adhezní zkoušce	49
Obrázek 29 Stupnice vyhodnocení křížového řezu	50
Obrázek. 30 Mikrostruktura 14 dní exponování SADA A(N) zvětšeno 50x.....	79
Obrázek 31 Mikrostruktura 28 dní exponování SADA A(N) zvětšeno 50x.....	79
Obrázek 32 Mikrostruktura 42 dní exponování SADA A(N) zvětšeno 50x.....	79
Obrázek 33 Mikrostruktura 42 dní exponování SADA A(N) polarizováno zvětšeno 50x..	79

Obrázek 34 Mikrostruktura 56 dní exponování SADA A(N) zvětšeno 50x.....	79
Obrázek 35 Mikrostruktura 56 dní exponování SADA A(N) polarizováno zvětšeno 50x..	79
Obrázek 36 Mikrostruktura 70 dní exponování SADA A(N) zvětšeno 50x.....	80
Obrázek 37 Mikrostruktura 84 dní exponování SADA A(N) zvětšeno 50x.....	80
Obrázek 38 Mikrostruktura 14 dní exponování SADA B(O) zvětšeno 50x.....	80
Obrázek 39 Mikrostruktura 14 dní exponování SADA B(N) zvětšeno 50x.....	80
Obrázek 40 Mikrostruktura 28 dní exponování SADA B(O) zvětšeno 50x.....	80
Obrázek 41 Mikrostruktura 28 dní exponování SADA B(N) zvětšeno 50x.....	80
Obrázek 42 Mikrostruktura 42 dní exponování SADA B(O) zvětšeno 50x.....	81
Obrázek 43 Mikrostruktura 42 dní exponování SADA B(N) zvětšeno 50x.....	81
Obrázek 44 Mikrostruktura 56 dní exponování SADA B(O) zvětšeno 50x.....	81
Obrázek 45 Mikrostruktura 56 dní exponování SADA B(N) zvětšeno 50x.....	81
Obrázek 46 Mikrostruktura 70 dní exponování SADA B(O) zvětšeno 50x.....	81
Obrázek 47 Mikrostruktura 70 dní exponování SADA B(N) zvětšeno 50x.....	81
Obrázek 48 Mikrostruktura 84 dní exponování SADA B(O) zvětšeno 50x.....	82
Obrázek 49 Mikrostruktura 84 dní exponování SADA B(N) zvětšeno 50x.....	82
Obrázek 50 Mikrostruktura 14 dní exponování SADA C(O) zvětšeno 50x.....	82
Obrázek 51 Mikrostruktura 14 dní exponování SADA C(N) zvětšeno 50x.....	82
Obrázek 52 Mikrostruktura 28 dní exponování SADA C(O) zvětšeno 50x.....	82
Obrázek 53 Mikrostruktura 28 dní exponování SADA C(N) zvětšeno 50x.....	82
Obrázek 54 Mikrostruktura 42 dní exponování SADA C(O) zvětšeno 50x.....	83
Obrázek 55 Mikrostruktura 42 dní exponování SADA C(N) zvětšeno 50x.....	83
Obrázek 56 Referenční vzorek odmaštěný zvětšeno 50x	83
Obrázek 57 Referenční vzorek neodmaštěný zvětšeno 50x	83
Obrázek 58 Hliníkový substrát neodmaštěn zvětšeno 10x	83
Obrázek 59 Hliníkový substrát neodmaštěn zvětšení 100x	83
Obrázek 60 Hliníkový substrát odmaštěn zvětšeno 10x	84
Obrázek 61 Hliníkový substrát odmaštěn zvětšení 100x.....	84

39. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Stupně agresivity prostředí [26].....	19
Tabulka 2 Popis vzorků sady A a B.....	31
Tabulka 3 Popsis referenčních vzorků.....	31
Tabulka 4 Popis vzorků sady C	31
Tabulka 5 Naměřené hodnoty pH a °C.....	32
Tabulka 6 Technické údaje stříkací pistole.....	36
Tabulka 7 Vlastnosti hliníkového substrátu.....	41
Tabulka 8 Dny a teploty v daný expoziční den sady A	46
Tabulka 9 Dny a teploty v daný expoziční den sady B	46
Tabulka 10 Dny a teploty v daný expoziční den sady C	46
Tabulka 11 Klasifikace odlupování v %.....	48
Tabulka 12 Klasifikace odlupování v mm.....	48
Tabulka 13 Vzorky arcotestu.....	51
Tabulka 14 Hodnoty měření drsnosti.....	51
Tabulka 15 Naměřené hodnoty drsnosti na neodmaštěném povrchu	52
Tabulka 16 Naměřené hodnoty drsnosti na odmaštěném povrchu	52
Tabulka 17 Sada A (O) 14 dní exponování	52
Tabulka 18 Sada A (N) 14 dní exponování	53
Tabulka 19 Sada A (N) 28 dní exponování	53
Tabulka 20 Sada A (N) 42 dní exponování	54
Tabulka 21 Sada A (N) 56 dní exponování	54
Tabulka 22 Sada A (N) 70 dní exponování	55
Tabulka 23 Sada A (N) 84 dní exponování	55
Tabulka 24 Sada B (N) 14 dní exponování.....	56
Tabulka 25 Sada B (O) 14 dní exponování.....	56
Tabulka 26 Sada B (N) 84 dní exponování.....	57
Tabulka 27 Sada B (O) 14 dní exponování.....	57
Tabulka 28 Vyhodnocení křížového řezu u sady A,B	59
Tabulka 29 Nevyhovující křížový řez	60
Tabulka 30 Vyhovující křížový řez	60
Tabulka 31 Klasifikace adhezních lomu - Referenční vzorky.....	61
Tabulka 32 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 14 dnů exponování	61
Tabulka 33 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 28 dnů exponování	62

Tabulka 34 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 42 dnů exponování	62
Tabulka 35 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 56 dnů exponování	62
Tabulka 36 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 70 dnů exponování	63
Tabulka 37 Klasifikace adhezních lomu – Sada A 84 dnů exponování	63
Tabulka 38 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 14 dnů exponování	64
Tabulka 39 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 28 dnů exponování	64
Tabulka 40 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 42 dnů exponování	64
Tabulka 41 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 56 dnů exponování	65
Tabulka 42 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 70 dnů exponování	65
Tabulka 43 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (N) 84 dnů exponování	65
Tabulka 44 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 14 dnů exponování	66
Tabulka 45 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 28 dnů exponování	66
Tabulka 46 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 42 dnů exponování	66
Tabulka 47 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 56 dnů exponování	67
Tabulka 48 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 70 dnů exponování	67
Tabulka 49 Klasifikace adhezních lomu – Sada B (O) 84 dnů exponování	67
Tabulka 50 Průběh adhezních sil sad A, B po 14 dnech exponování	68
Tabulka 51 Průběh adhezních sil sad A, B po 28 dnech exponování	69
Tabulka 52 Průběh adhezních sil sad A, B po 42 dnech exponování	70
Tabulka 53 Průběh adhezních sil sad A, B po 56 dnech exponování	71
Tabulka 54 Průběh adhezních sil sad A, B po 70 dnech exponování	72
Tabulka 55 Průběh adhezních sil sad A, B po 84 dnech exponování	73
Tabulka 56 Celkový průběh adhezních sil sad A,B po 14-84 dnech exponování	74
Tabulka 57 Sada C přehled adhezních lomu a křížového řezu po 14 dnech exponování....	75
Tabulka 58 Sada C přehled adhezních lomu a křížového řezu po 28 dnech exponování....	76
Tabulka 59 Sada C přehled adhezních lomu a křížového řezu po 42 dnech exponování....	77
Tabulka 60 Degradace povrchu	78

40. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Průběh adhezních sil sad A, B 14 dnů exponování	68
Graf 2 Průběh adhezních sil sad A, B 28 dnů exponování	69
Graf 3 Průběh adhezních sil sad A, B 42 dnů exponování	70
Graf 4 Průběh adhezních sil sad A, B 56 dnů exponování	71
Graf 5 Průběh adhezních sil sad A, B 70 dnů exponování	72
Graf 6 Průběh adhezních sil sad A, B 84 dnů exponování	73
Graf 7 Celkový průběh adhezních sil	74